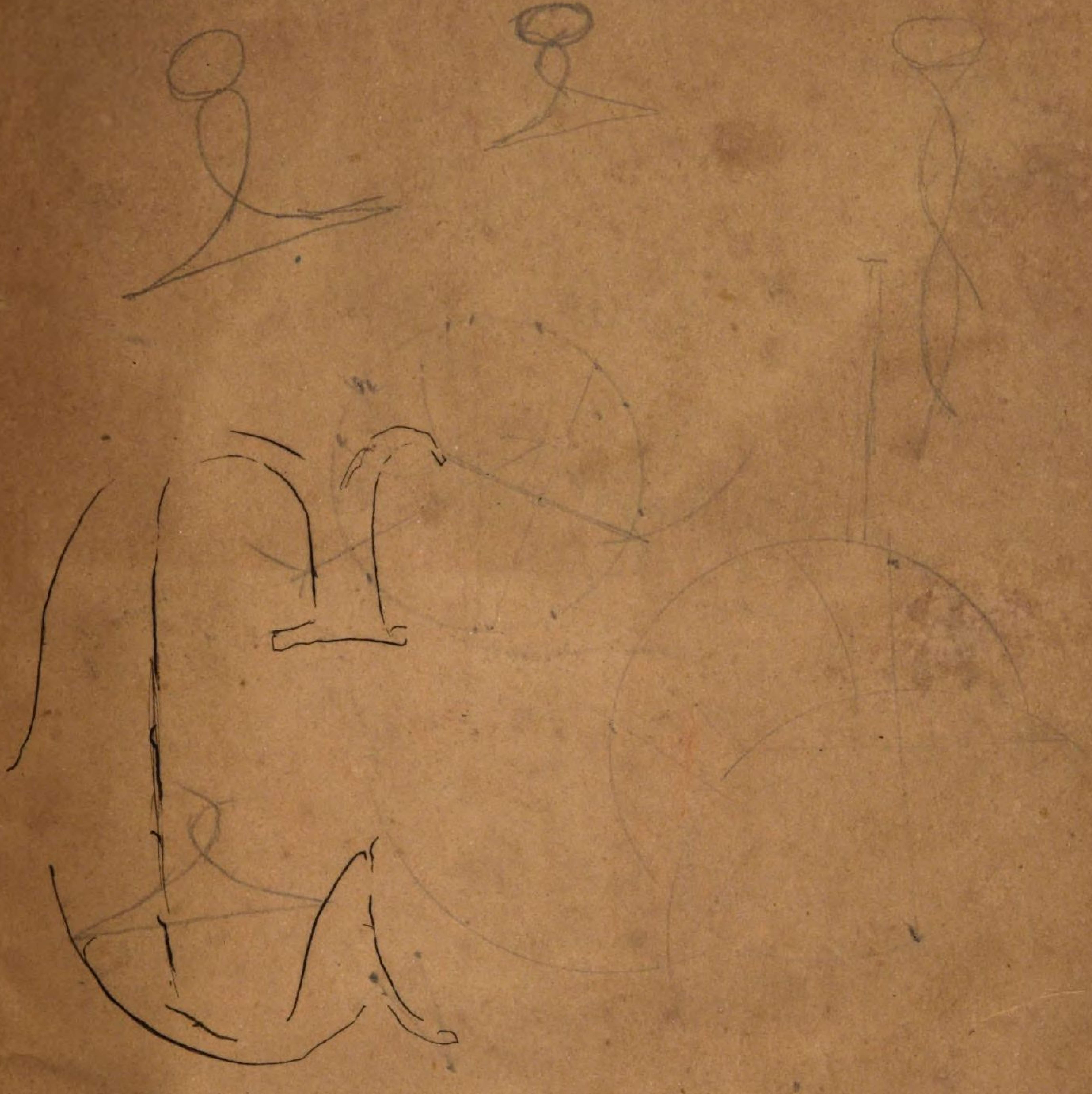
Ga



Die

Physik

für

Unter-Realschulen.

Von

Dr. Franz Josef Pisko,
Director der Staats-Realschule Sechshaus bei Wien,
gewes. ordentl. Professor der Physik an der k. k. technischen Militär-Akademie und am
k. k. Central-Infanterie-Curse in Wien 2c. 2c. 2c.

Neunte, sehr verbesserte und vermehrte Auflage.

Mit 518 in den Text aufgenommenen Holzschnitten.

Brünn, 1873.
Druck und Verlag von Carl Winiker.

Vorwort
zur ersten Auflage.

In diesem Werkchen habe ich gesucht, die Lehren der Physik für Untere Realschulen zusammenzufassen. Stets war mein Streben, **vor Allem das Princip klar und deutlich hinzustellen**, und **dann erst** die Nebenumstände anzuführen. Wo es nur immer möglich war, zerstreut liegende Erscheinungen aus **Einem** Grunde abzuleiten, da ist es versucht worden. Das Wichtigste wurde nach Möglichkeit, sowol im Stile als durch äußere Anordnung, hervorgehoben.

Ueberhaupt war mein Sinn darauf gerichtet, ein für die Schule brauchbares Werkchen zu liefern. Die *Figuren* sollen an das Gesehene erinnern, oder auf das zu Sehende vorbereiten, die *Beispiele* sollen erläutern, die *Aufgaben* stärken, die *Fragen* anregen. Letztere sind nicht immer derart, daß sie ohne Hilfe des Lehrers beantwortet werden könnten. Ich habe jedoch auch solche gewählt, weil dies zur Kürze führte und dem Unterrichte Reiz verschafft.

Die physikalischen Spielereien glaubte ich gelegentlich berühren zu müssen. Denn erstlich enthalten sie so gut das Prinzip wie eine ernste Anwendung, dann, **was wichtig ist**, sagen sie dem jugendlichen Geiste zu, und endlich könnte sich ein gänzliches Verschweigen derselben dadurch rächen, daß der Knabe durch Hörensagen mit dem Namen und den sogenannten Wundern derselben bekannt, sie aufsucht und **dann für die Hauptsache hält**. Kommen aber derartige Kleinigkeiten in der Schule vor, so erscheinen sie auch dem Knaben als das — was sie sind.

Ueber Mangel an Stoff wird man hoffentlich nicht klagen — und über Reichthum? Steht es doch Jedem frei, nach seinem Gutdünken dies und jenes ganz einfach wegzulassen.

Nie waren die Pädagogen über die Auswahl des Lehrstoffes vollkommen einig, können es auch nicht sein, so lange es Individualitäten gibt und so kann, innerhalb einer gewissen Grenze, ein Mehr eher nützen als schaden.

Aus dem im Buche vorhandenen Lehrstoffe trifft dann Jedermann nach dem Bedürfnisse seiner Schule die Auswahl. Ich habe zu diesem Behufe den Stoff so geordnet, daß dieß leicht wird. Es dürfte auch gut

sein, einige Beispiele den Schülern zu überlassen. Der Gegenstand ist interessant. Die Schüler arbeiten ihn, wenigstens nach meiner Erfahrung, recht gern, besonders wenn man sie nach Möglichkeit zum Nachexperimentiren, zum Anfertigen kleiner Modelle u. dgl. m. anhält. Es läßt sich in dieser Beziehung Erkleckliches leisten. Jeder meiner Schüler muß z. B. eine Münze galvanoplastisch abzunehmen, die Steuerung bei der Dampfmaschine zc. aus Holz, Pappe anzufertigen verstehen.

Auf diese Weise kommt Leben in den Unterricht. Man hat dann nicht nöthig, die praktischen Anmerkungen abzufragen — der Schüler übt sie ja! So bleibt endlich der Stoff zum eigentlichen Lernen für die Knaben wirklich nur ein geringer, besonders, wenn man bei schwierigen Definitionen, Nachweisen, Begründungen u. dgl. m. mit Beispielen zufrieden ist.

Brünn, den 1. Juli 1854.

Der Verfasser.

Gekürztes Vorwort
zur dritten Auflage.

Die Freunde dieses Werkchens werden auf den ersten Blick die vielen und wesentlichen Verbesserungen in vorliegender Auflage wahrnehmen. Wer die Kleinen zu sich heraufheben will, muß sich zu ihnen herablassen. Darum wurde die Sprache noch mehr als in den vorigen Auflagen vereinfacht und sie soll beim mündlichen Beibringen sogar kindlich einfach werden; darum wurden die Abbildungen vermehrt; darum endlich wurde der Lehrstoff in jene Ordnung gebracht, in welcher gewöhnlich gelehrt wird.

Gern hätte ich die Materie ganz so zurecht gelegt, wie ich beim lebendigen Lehren zu Werke gehe; aber das hätte ein voluminöses Werk zu Tage gefördert, ein Werk, das eher ein physikalisches Lesebuch für den Selbstunterricht des Volkes als ein Lehrbuch für den vorgesetzten Zweck geworden wäre. Ich deute daher nur an, daß ich beim Lehren stets *mit den Beispielen beginne und mit dem Allgemeinen oder Gesetz aufhöre*, und daß ich es *dabei nicht an Vergleichen und selbst nicht an passenden Bildern fehlen lasse*. Ich bringe es so dahin, daß die Knaben den Gegenstand lieb gewinnen und mir ihn *gleichwol von der ernstesten Seite wieder geben*.

Wien, den 12. Juli 1858.

Der Verfasser.

Vorwort
zur sechsten Auflage.

Die Verbesserungen in dieser Auflage waren vorzüglich auf die Erneuerung der meisten Figuren und auf die größtmöglichste Deutlichkeit im Beibringen der Grundlehren gerichtet. Die Zeichnungen sind alle eigens nach den Apparaten des mir unterstehenden physikalischen Kabinets aufgenommen. Die größte Zahl der dargestellten Apparate haben hiesige Mechaniker, und die elektrischen Apparate hat Herr **Winter** angefertigt. Und da dieselben Mechaniker fast für alle unsere Schulen arbeiten, so werden die Knaben im Holzschnitte leicht das in der Schule vorgeführte Instrument wieder erkennen.

Den in den älteren Vorreden aufgestellten Grundsätzen bin ich auch diesmal treu geblieben. Ich habe es daher an recht vielen Beispielen, Aufgaben, Fragen und Zeichnungen nicht fehlen lassen. Chemie und Physik sind die Grammatik der angewandten Naturwissenschaften und Gewerbe — lernt man aber die Gesetze einer Sprache nicht besser aus einem mit Beispielen vielfach durchflochtenen grammatischen Lehrgange? Und sollte es hier anders sein?

Der flüchtige Geist des Knaben soll in seinem Handbuche die in der Schule abgehandelten Hauptgegenstände nach Möglichkeit treu wieder finden. Wie vieles bleibt trotzdem für den Lehrer zu sagen und zu thun übrig! Den Schüler durch eine gewisse Dürre, Leere und Oede im Lehrbuche zur Aufmerksamkeit zwingen wollen, halte ich nicht für gut. Vorzüglich die Art des Beibringens soll ihn fesseln, was bei unserem Gegenstande leichter als bei jedem andern ist.

Wien, am 1. Mai 1863.

Der Verfasser.

Vorwort
zur achten Auflage.

Auch diesmal war ich bemüht, durch weitere Vereinfachung in der Sprache, möglichst faßlich zu sein und durch zweckmäßige Kürzungen Raum für jene Vermehrungen und Zusätze zu schaffen, welche die Fortschritte unserer Wissenschaft selbst in dieses Büchlein nothwendigerweise hineinspülen.

Da dieses Werkchen auch bei älteren Freunden einer populären Lehrweise stark Eingang gefunden, so habe ich, mit Rücksicht darauf, diesmal geschichtliche Winke über die wichtigeren physikalischen Gegenstände hinzugefügt, die aber auch der Schule nützen werden. Der Lehrer hat hier Gelegenheit, den Sinn der Jugend für die Geschichte der Cultur anzuregen, das Interesse des Knaben für Erfindungen und Erfinder zu wecken — wer weiß, wohin dieß einst bei dem oder jenem führt?

Indem das Auge des Schülers öfters die Blätter des Buches passiren muß, bleibt diese und jene historische Notiz haften und wirkt vielleicht später noch fruchtbar. Jedenfalls aber darf ja nicht etwa ein trockenes Memoriren solcher historischer Gerippe Platz greifen; mit Fleisch und Blut umkleidet werden sie sicher eine Zierde des Unterrichtes. Wie ich mir dies denke, habe ich in meiner Optik, „Licht und Farbe", gezeigt (1869).

Wien, am 30. December 1870.

Der Verfasser.

Vorwort
zur neunten Auflage.

Diese Auflage wurde durchweg mit den metrischen Maß- und Gewichtsangaben versehen und nebenbei steht zur Vergleichung in einer Klammer der entsprechende Werth im alten Maße ausgedrückt.

Wien, am 31. März 1872.

Der Verfasser.

Inhalt.

I.

Die allgemeinen Eigenschaften der Körper.

1. **Materie. — Körper. — Masse.** Alles, was einen Raum ausfüllt, heißt Materie, Stoff oder Substanz.

Begrenzte Materien nennt man Körper.

Die Menge der Materie eines Körpers wird seine Masse genannt. Beispiele.

2. **Allgemeine Eigenschaften der Körper:**

a) Die Ausdehnung oder Begrenzung.
b) Die Undurchdringlichkeit.
c) Die mechanische oder physikalische Theilbarkeit.
d) Die Porosität.
e) Die Ausdehnbarkeit.
f) Die Zusammendrückbarkeit.
g) Die Trägheit oder das Beharrungsvermögen.
h) Die Schwere.

3. **Die Ausdehnung** oder **Begrenzung** ist die Eigenschaft der Körper, eine gewisse Länge, Breite und Höhe zu besitzen.

Die Größe des Raumes, den ein Körper einnimmt, nennt man seinen Raum-, Körper-, Kubikinhalt oder sein Volumen.

1) Das Messen. — Maaß-Systeme. — Tabellen. — Längen-, Flächen-, Körper- und Hohlmaaße. — Die letzteren für Flüssigkeiten oder für Mehl, Körner, Knollen ꝛc. Die Größe des Hohlraumes eines Gefäßes heißt dessen Capacität.

2) **Metersystem.** a) Längenmaaß. 1 Meter = 3 wien. Fuß, 1 Zoll $11._{58}$ Linien.

Mit den griechischen Vorsilben: Deka, Hekto, Kilo und Myria bezeichnet man im Metersysteme beziehungsweise das 10, 100, 1000 und 10,000fache; z. B. 10 Meter = 1 Dekameter, 100 Meter = 1 Hektometer. Wie werden 1000 Meter heißen? und 10,000 Meter?

Das Zehntel, Hundertel und Tausendtel wird im Metersystem durch die französischen Vorsilben Deci, Centi und Milli ausgedrückt; also $0._1$ Meter = 1 Decimeter, $0._{01}$ Meter = 1 Centimeter; wie heißt $0._{001}$ Meter?

b) Flächenmaaß. Hier gelten die vorigen Regeln; was heißt also 1□ Hektometer? 1□ Centimeter?

1□ Dekameter ist die Einheit des Feldmaaßes und heißt Are = $27._{80364}$ wiener □Klafter. Wie groß ist eine Hektare, eine Kiloare?

c) Die Benennung des Körpermaaßes befolgt die obigen Regeln; was heißt also 1 Kubik-Hektometer? 1 Kubikcentimeter?

Ein Kubikdecimeter ist die Einheit für das Hohlmaaß und heißt 1 Litre $0._{70685}$ wien. Maaß. Wie groß ist ein Decilitre? ein Kilolitre?

Ein Kubikmeter = $0\cdot_{14661}$ wien. Kubikklafter = $31\cdot_{66695}$ wien. Kubikfuß und ist die Einheit für das Kubikmaß.

Ausstellung des Untersystems 1799.

4. **Undurchdringlichkeit.** In den Raum, welchen die Materie eines Körpers ausfüllt, kann nicht gleichzeitig die Materie eines anderen Körpers treten. Diese Eigenschaft der Körper heißt ihre Undurchdringlichkeit.

Die Undurchdringlichkeit gibt sich dem Tastsinne als Widerstand kund.

Beispiele. 1. Die Undurchdringlichkeit der im umgestürzten Glase (Fig. 1) befindlichen Luft hindert, daß sich das Glas mit Wasser füllt; daher kommt es, daß ein brennendes Kerzchen, welches, mittelst einer Korkscheibe, auf dem Wasser unter dem Glase schwimmt, nicht erlischt. — Schülerversuch.

Fig. 1.



Fig. 2.



Fig. 3.



2. Bei einer längeren Dauer des Versuches erlischt die Flamme, wenn jener Theil der Luft verbraucht ist, welcher das Brennen unterhält, d. i. der Sauerstoff.

Die zurückgebliebene Luft, d. i. der Stickstoff, taugt weder zum Brennen, noch zum Athmen. Der Stickstoff der atmosphärischen Luft hat die heftigen Wirkungen des Sauerstoffes zu mildern.

Fragen. 1. Einen luftdicht schließenden Kolben (Fig. 2) kann man nicht bis auf den Boden eines unten geschlossenen, hohlen Cylinders stoßen; warum nicht?

2. Das Wasser in einem Gefäße (Fig. 1) steigt, wenn man einen Körper hinein bringt; warum? Wie könnte man dies benützen, den Rauminhalt unregelmäßiger Körper zu messen?

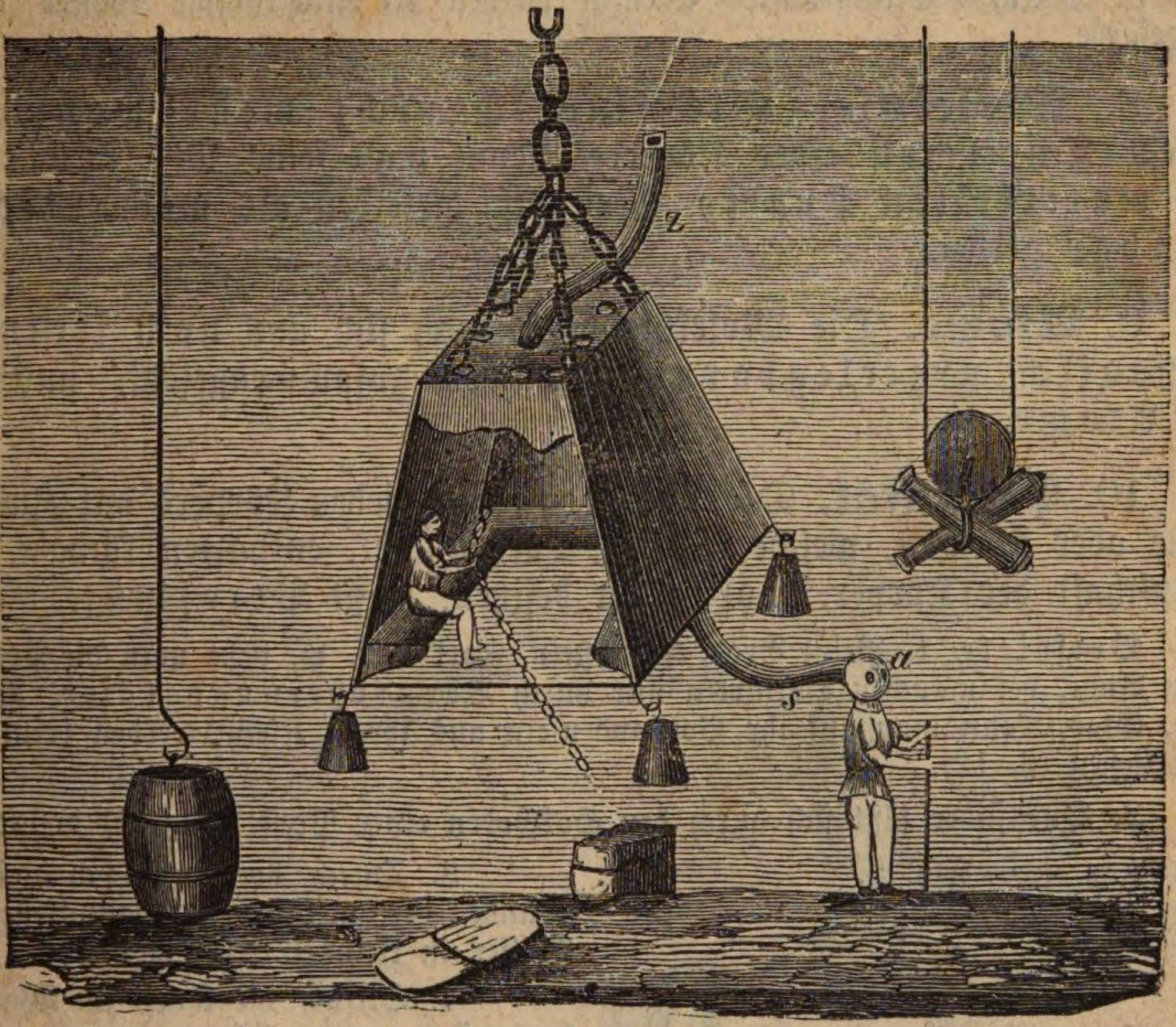
3. In eine Flasche (Fig. 3) mit eingekittetem Trichter vermag eine Flüssigkeit erst dann zu fließen, wenn der Finger von einer Oeffnung v des Stöpsels entfernt wird; wie kommt dies?

4. Die Gußformen müssen mit Canälen oder Windpfeifen versehen sein; warum?

5. **Die Taucherglocke** (Fig. 4) beruht auf der Undurchdringlichkeit der Luft; sie dient dazu, Wasserbauten anzulegen, versunkene Schiffsgüter, Perlmuscheln u. dgl. aus tiefen Gewässern emporzuschaffen.

Die Taucherglocke wird von verschiedener Form aus Gußeisen angefertigt. In der Decke sind starke Glasfenster befestigt.

Fig. 4.



Durch einen wasser- und luftdichten Schlauch preßt man, mittels eigener Maschinen, frische Luft in die Glocke.

1. Bänke im Innern. — Näheres über die Arbeiten unter der Taucherglocke. Ueber die Athmungsbeschwerden wegen der verdichteten Luft in der Glocke und über den Verkehr nach außen. — Schlagzeichen an einer nach oben gehenden Kette. Aufgelassene Schreibtäfelchen. — Telegraphen. — Verschiebung der Taucherglocke mittels eines Krahnes vom Schiffe aus. — Künstliche elektrische Beleuchtung.

2. Die Taucherglocke war im wesentlichen schon den Alten bekannt; die erste bessere Taucherglocke fertigte Halley 1716 an.

6. **Der Taucherhelm.** Bei a (Fig. 4) sieht man eine Person, die vermöge ihrer weiten, wasserdichten, mit starken, gläsernen Augen versehenen Kappe a die Taucherglocke verlassen kann, um in deren Nähe Arbeiten zu verrichten. Durch den Schlauch s erhält der Taucher aus der Glocke Luft.

Derartige Taucheranzüge wurden von Halley 1730 erfunden und seitdem sehr verbessert.

7. **Die mechanische oder physikalische Theilbarkeit** ist die Eigenschaft der Körper, sich durch Stoßen, Reiben 2c. in gleichartige Theilchen zerlegen zu lassen.

Beispiele. 1. Ein Zehntel Gramm Moschus kann Jahre hindurch ein Zimmer mit seinem Geruche, also mit seinen Theilchen erfüllen, wenn man darin auch täglich die Luft wechselt. Und doch zeigt sich daran kaum eine Verminderung des Gewichtes.

2. Quassiabecher machen längere Zeit die aus denselben entleerten Flüssigkeiten bitter.

3. Durch 4 Milligramme Carmin werden 10 Kilogramme Wasser merklich roth gefärbt.

8. **Moleküle.** Die sinnlich nicht mehr wahrnehmbaren Theilchen eines Körpers nennt man seine Moleküle oder seine materiellen Punkte. Man läßt dieselben als mechanisch untheilbar gelten.

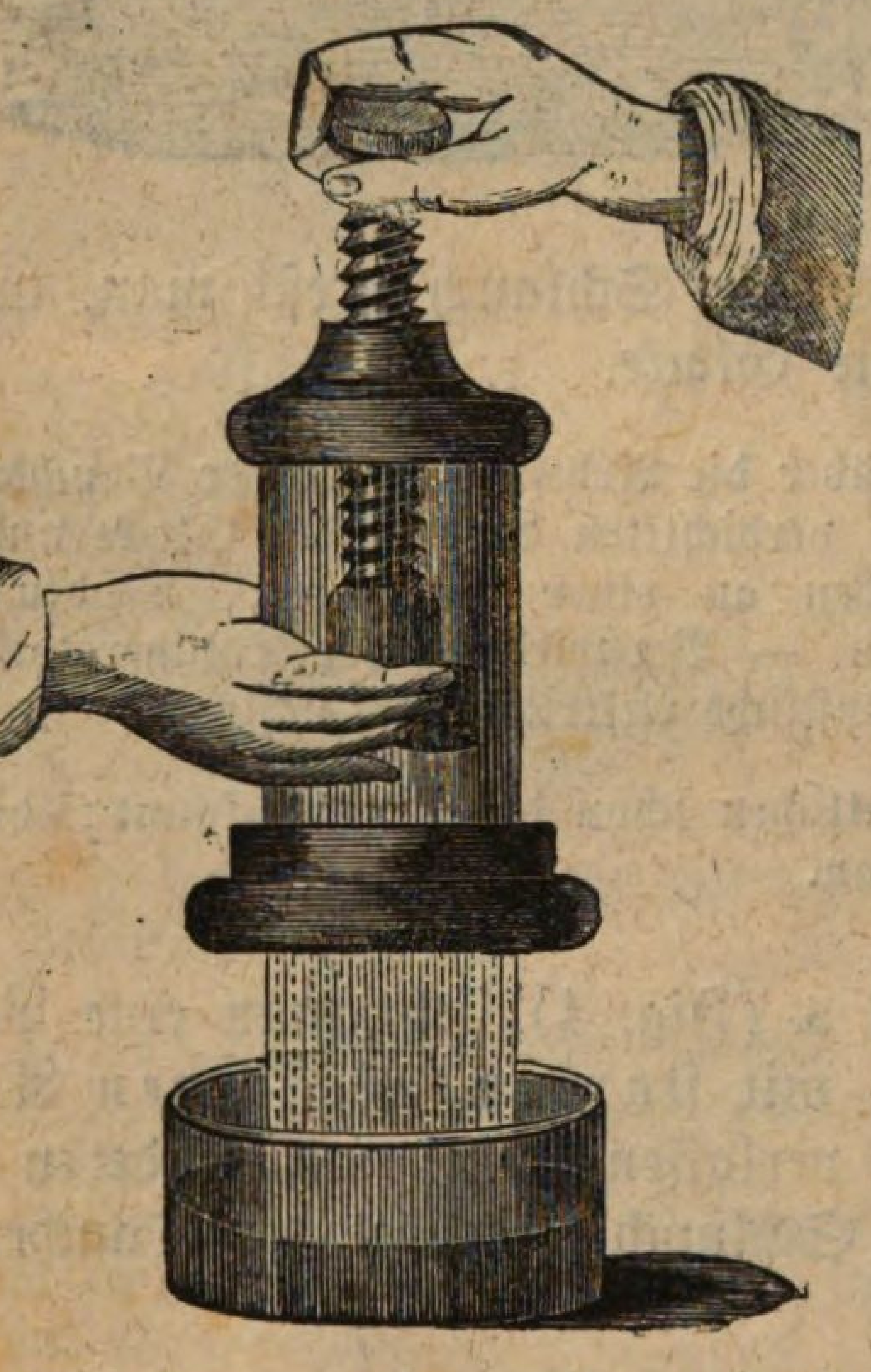
9. **Atome.** Die Moleküle denkt man sich aus noch kleineren, mechanisch unzerlegbaren Theilchen zusammengesetzt, und heißt diese Atome.

10. **Porosität.** Die Materie eines jeden Körpers hat Zwischenräume oder Poren, welche Wasser, Luft u. dgl. enthalten können. Die Eigenschaft der Körper, Poren zu besitzen, heißt Porosität.

Beispiele. 1. Beim Brod, Bimsstein, Kork u. s. w. sieht man die Poren mit freiem Auge, bei manchen Holzarten nur durch Vergrößerungsgläser. Bei Metallen, Glas, kann man auf ihr Vorhandensein aus ihrem Kleinerwerden beim Erkalten schließen (§. 12).

2. Quecksilber läßt sich durch den Holzboden einer Presse (Fig. 5) drücken.

Fig. 5.



3. Durch die unbeschädigten Wände der metallenen Dampfkessel tritt Wasser in kleinsten Tröpfchen aus.

4. Steine, die lange im Wasser gelegen sind, zeigen sich, wenn man sie zerschlägt, im Innern naß.

5. Das Holz der Fensterrahmen quillt bei feuchter Witterung auf; wie kommt dies? — Trockene Fässer zerfallen.

6. Der Gerbstoff dringt in die Poren der Häute. Fäulniß hindernde Stoffe werden beim Imprägniren der Hölzer in die Poren gepreßt.

7. Der Schweiß tritt durch die Poren der Haut aus.

8. Beim Filtriren gehen die Flüssigkeiten durch die Poren der Filter, nicht aber die festen Theile.

9. Glas und Kautschuck haben so kleine Poren, daß nicht einmal luftartige Stoffe durchkommen können. Die Glasur der Gefäße verhindert das Durchdringen der Flüssigkeit; wie so?

11. **Die Ausdehnbarkeit** ist die Eigenschaft der Körper, sich durch Ausziehen oder Erwärmen auf einen größeren Rauminhalt bringen zu lassen.

Fragen. 1. Warum bleibt (Fig. 6) eine metallene Kugel, welche im kalten Zustande durch einen Ring fällt, auf demselben liegen, wenn sie heiß ist?

2. Die Kugel (Fig. 7) geht nicht in den Reif, wenn beide gleich warm sind. Ist aber der Reif viel wärmer als die Kugel, so kann man letztere durch den Reif schieben; wie kommt das? — Anwendung für genaue Fallversuche.

3. Ein zu fest eingeriebener Glasstöpsel läßt sich leicht heraus ziehen, nachdem der Flaschenhals erwärmt worden; wie kommt dies?

Fig. 6.

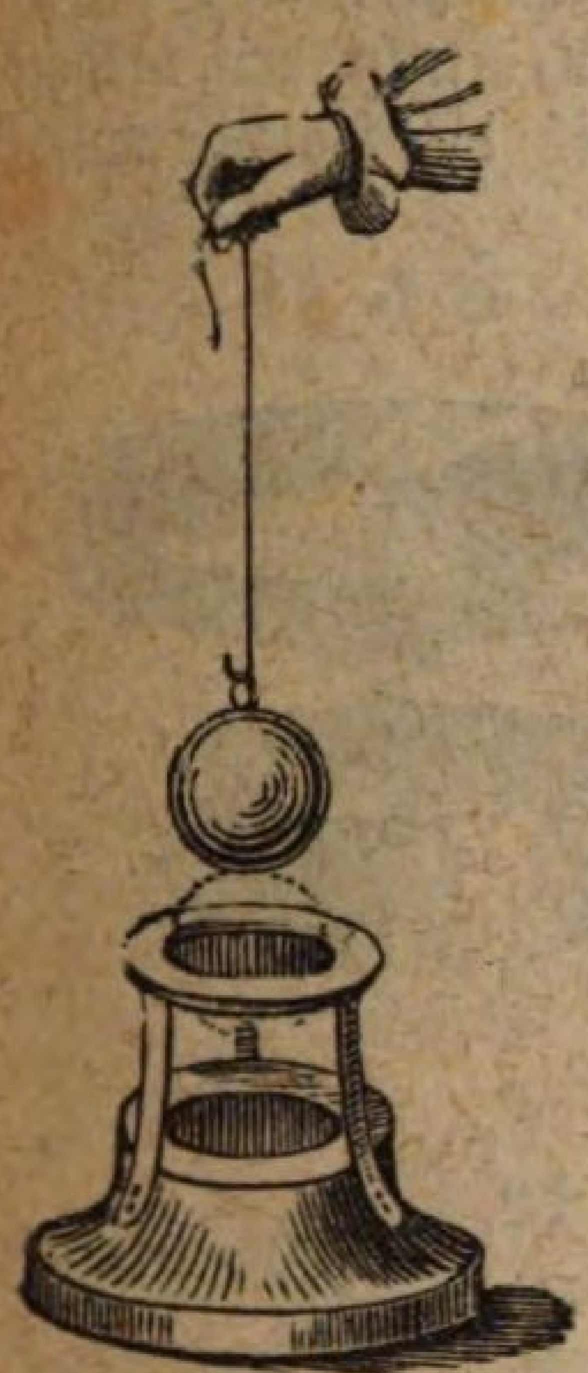


Fig. 7.

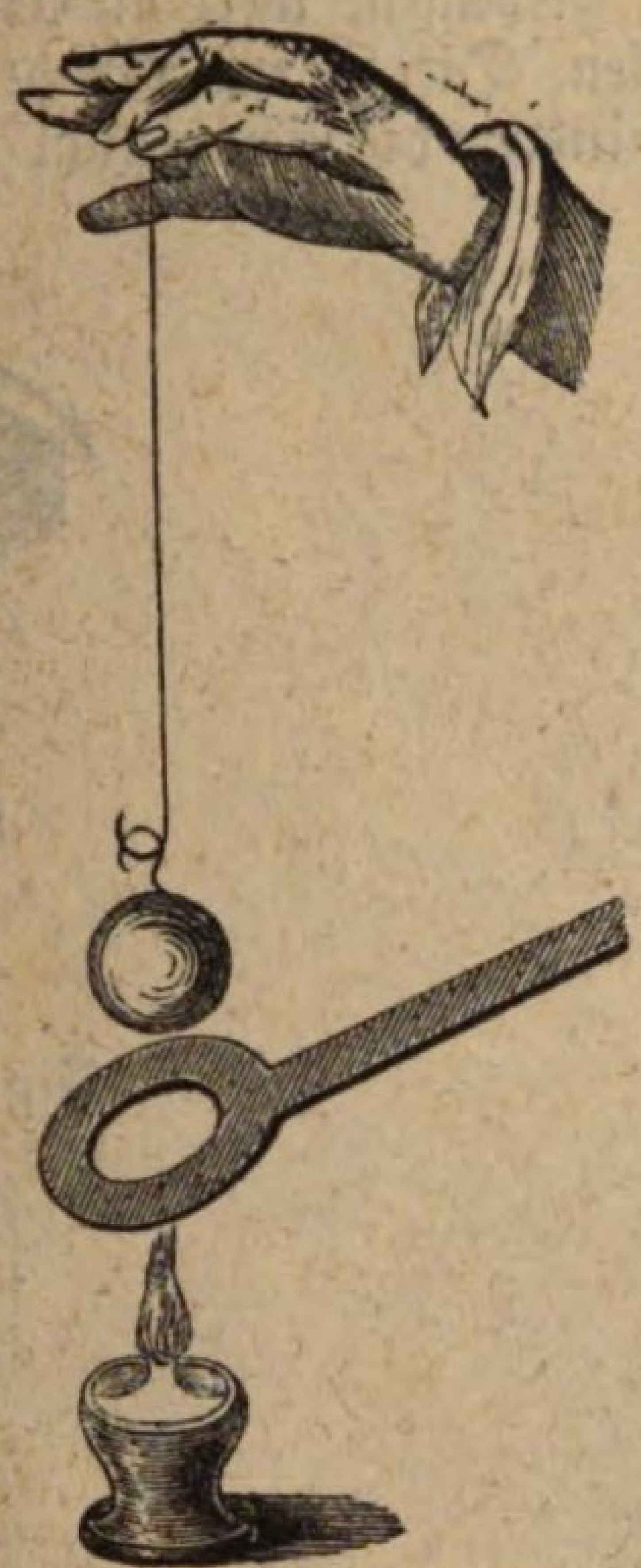
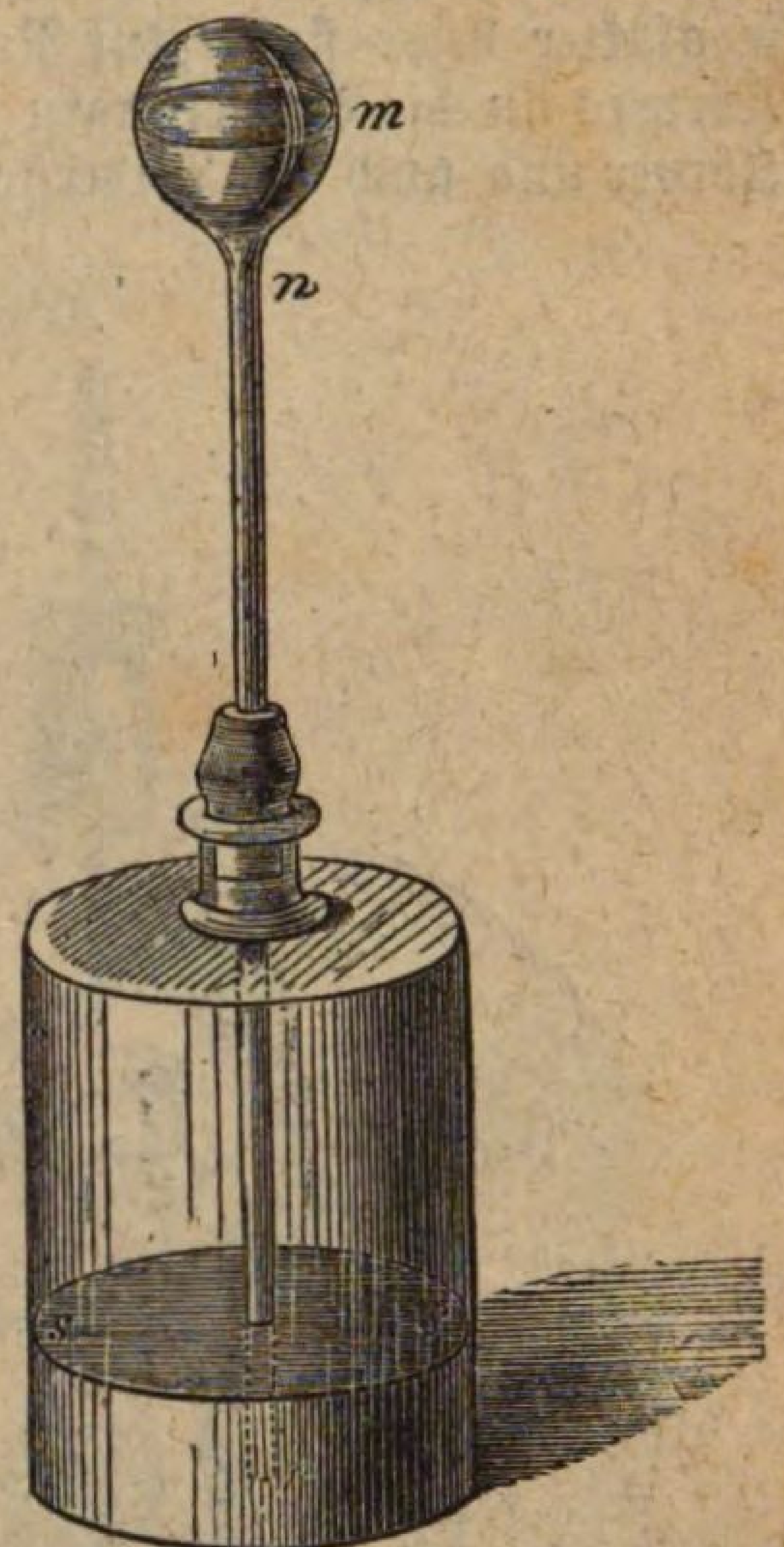


Fig. 8.



Fig. 9.



4. Beim Schienenlegen wird für ihre Ausdehnung durch die Wärme Raum gelassen; wie und warum?

5. Aehnliches geschieht auch beim Einmauern von Kesseln, Pfannen und beim Belegen der Metalldächer mittelst Falzung.

6. Fig. 8 zeigt, wie man die Ausdehnung einer tropfbaren Flüssigkeit, z. B. roth gefärbten Wassers, darthut; warum wählt man ein weites Gefäß A, z. B. eine Kugel, mit einer engen Röhre a?

Die Antwort hierauf ergibt sich aus Folgendem:

Die Flüssigkeitssäule in einem cylindrischen Glasgefäß wird, wenn sie an Wärme zunimmt, wachsen. Angenommen, sie habe sich um ein Hundertstel ihrer Länge ausgedehnt, so läßt sich dieses hinzugekommene Hundertstel, in einer hundertmal engeren Cylinderröhre, hundertmal leichter bemerken. Dasselbe gilt, wenn das Glasgefäß anders als cylindrisch z. B. kugelförmig (Fig. 8) gestaltet ist.

7. Die Glasröhre und ein Theil der darangeblasenen Kugel m (Fig. 9) ist mit gefärbtem Wasser gefüllt. Erwärmt man die Kugel m, so sinkt das in ihr und in der Röhre enthaltene Wasser herab; warum? — Die sich ausdehnende Luft treibt die Flüssigkeit hinunter.

12. **Die Zusammendrückbarkeit** ist die Eigenschaft der Körper, sich durch Drücken oder Erkalten auf einen kleineren Rauminhalt bringen zu lassen.

Beispiele. 1. Das Metall verkleinert bei der Prägung seinen Rauminhalt.
2. Metallene Reifen werden im heißen Zustande um das Faß gelegt; warum?
3. Geraderichten schiefer Mauern mittelst erhitzter Eisenschließen.

Anmerkung. Hier nimmt man die Einleitung aus der Wärmelehre. Diese wird daher von nun an als bekannt vorausgesetzt.

13. **Die Trägheit und das Beharrungsvermögen** ist die Eigenschaft der Körper, die Ruhe oder Bewegung erst dann aufzugeben, bis eine Ursache sie dazu zwingt.

Da jedes materielle Theilchen träge ist, so wird ein Körper um so schwieriger seine Trägheit überwinden, je mehr Masse er besitzt.

1. Eine, auf einer Eisbahn hingeschobene Kugel kommt um so später zur Ruhe, je glatter beide sind. Zur Ruhe muß sie jedoch gelangen, weil die Erhöhungen des einen Körpers in die Vertiefungen des anderen greifen. Die so entstehende Reibung der beiden Körper und auch der Widerstand der Luft vermindern die Bewegung, bis der Körper ruht.

Fig. 10.

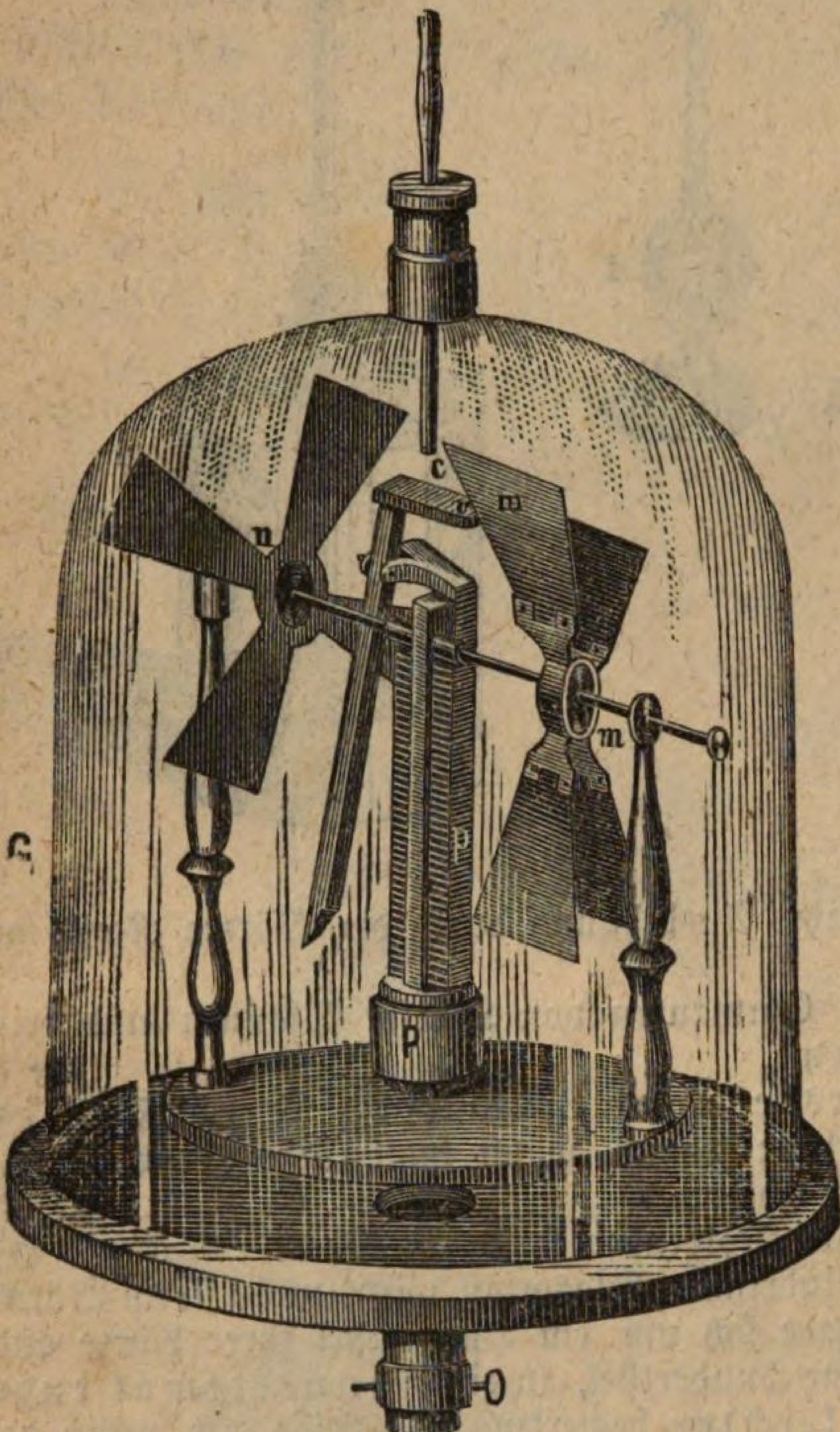


Fig. 11.

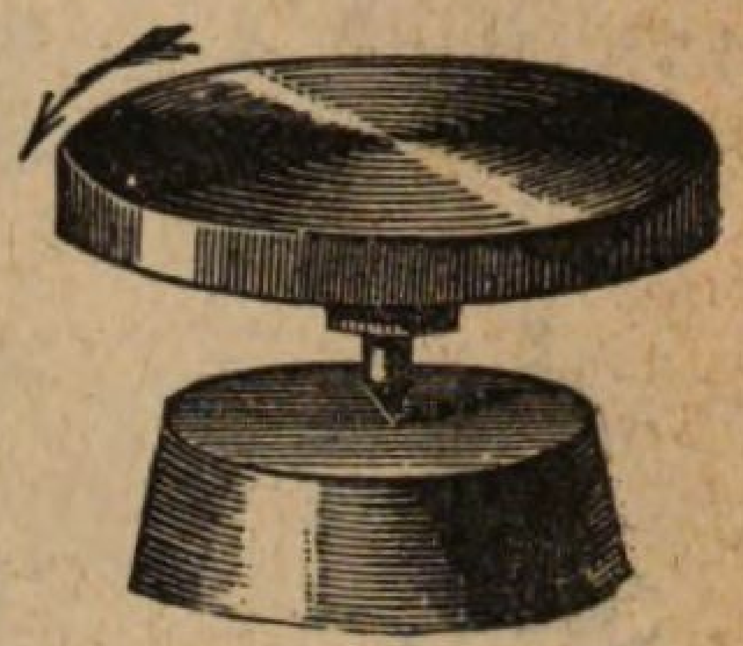


Fig. 12.



Fig. 13.



2. Die Flügel n (Fig. 10), welche die Luft mit ihrer scharfen Seite durchschneiden, laufen viel länger als jene bei m, welche die Luft mit ihren breiten Flächen treffen — obschon beide von derselben Kraft, d. i. von dem fallenden Gewicht P, getrieben werden; wie kommt dieß?

3. In einem Glassturze G (Fig. 10), aus dem man die Luft entfernt hat, dauert die Bewegung beider Flügel nahezu gleich lang, und beide laufen längere Zeit, als in der Luft; wie so?

4. Unter einem nahezu luftleer gemachten Glasballon schwingt eine aufgehängte Kugel länger als im lufterfüllten Raume, und in letzterem länger, als wenn man die Kugel in Wasser, Oel u. dgl. schwingen läßt; woher kommt dieß?

5. Die Bewegung eines Kreisels von großer Masse dauert, unter denselben Umständen, viel länger, als die eines solchen von kleinerer Masse; er läuft auf einer Glasunterlage (Fig. 11) viel länger als auf dem bloßen Tische. Dieser Kreisel wird mittels einer Schnur oder Aufziehfeder angelassen.

6. Japanische Kreisel. — Schwungräder. — Dauernde Bewegung der Himmelskörper.

7. Das für die Bewegungslehre äußerst wichtige Gesetz der Trägheit wurde von Galilei zuerst deutlich ausgesprochen im J. 1638.

Fragen. 1. Will Jemand über einen Graben setzen, so nimmt er einen Anlauf; warum?

2. Jemand, der schnell bergab läuft, kann nicht plötzlich anhalten; warum nicht?

3. Ein Reiter, dessen dahineilendes Pferd plötzlich stehen bleibt, ist in Gefahr, über den Kopf des Pferdes wegzufliegen; wie so?

4. Ein Eisenbahnzug kommt nur langsam in Bewegung; warum?

5. Ist er aber einmal in rascher Bewegung, so läßt er sich schwer hemmen oder bremsen; warum?

6. Trotzdem, daß an zwei, auf demselben Geleise entgegen oder nahe nach einander fahrenden, Eisenbahnzügen kräftigst gebremst wird, ist dennoch zuweilen der Zusammenstoß unvermeidlich; unter welchen Umständen? Welche Vorsichtsmaßregeln habt ihr bezüglich dessen auf den Eisenbahnen bemerkt?

7. Woher kommt der Stoß beim plötzlichen Abfahren eines Kahnes oder eines Wagens? Und woher das Vorwärtsfallen beim plötzlichen Anhalten oder Wenden des Fahrzeuges?

8. Wie hat man sich beim Auf- und Abspringen für rasch fahrende Wägen zu verhalten?

14. **Kraft.** Jede Ursache, welche die Trägheit der Materie überwindet, heißt Kraft. — Beispiele?

15. **Die Schwere** ist jene Kraft, vermöge welcher die Erde die auf ihr befindlichen Körper anzieht und durch welche das Fallen der letzteren bewirkt wird.

16. **Lothrechte.** Zur Bestimmung der Fall-Linie bedient man sich des Senkels oder Lothes (Fig. 12), d. i. eines Fadens, der von einem Gewichte gespannt wird. Diese Richtung nennt man Lothrechte, Scheitelrechte, Vertikale oder Perpendiculäre.

1. Jede mit dem frei hängenden Lothe parallele Mauer, Säule u. s. w. steht scheitelrecht. — Das Lothen der Maurer. — Unterschied zwischen lothrecht und senkrecht?

2. Die Körper fallen in lothrechter Richtung gegen die Erde, wenn nicht ein Stoß, ein Wurf, der Wind u. s. w. die Richtung ändert.

17. **Wagrechte.** Jede Gerade oder Ebene, auf welcher die Lothrechte senkrecht steht, liegt wagrecht oder horizontal.

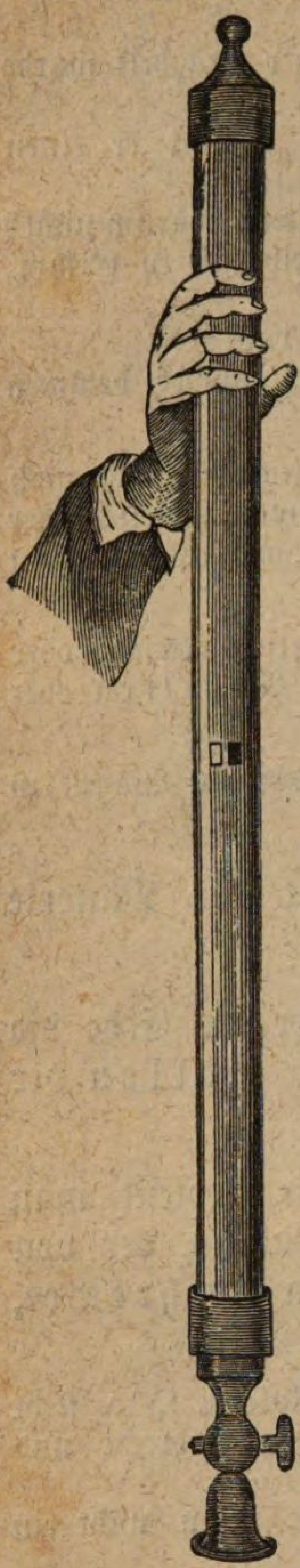
1. Bei der Schrottwage (Fig. 13) der Bauleute steht die Furche ao winkelrecht auf mn. Fällt nun der Faden des Lothes in die Furche ao, so liegt mn, folglich die Ebene rs, auf welcher mn ruht, wagrecht. — Sehr alte Erfindung.

2. Warum heißt die horizontale Richtung auch wasserrecht? — Die Oberfläche ruhigen Wassers liegt?

18. **Alle Körper sind gleich schwer.** Alle Körper, z. B. ein Stück Papier und ein Stück Blei, fallen in einer luftleeren Röhre (Fig. 14), wo kein Widerstand ihre Bewegung hindert, mit gleicher Schnelligkeit zu Boden.

19. **Gewicht und Masse.** Die Größe des Druckes oder Zuges, welchen ein Körper, vermöge der Schwere, auf seine Unterlage oder auf seine Aufhänge-Vorrichtung ausübt, nennt man sein Gewicht.

Fig. 14.



Unterschied zwischen Schwere und Gewicht.

Wenn ein Körper 2, 3, 4...mal mehr wiegt als ein zweiter, so hat er auch 2, 3, 4...mal mehr Masse.

20. **Die Dichte der Körper.** Ein Körper, der, bei gleichem Rauminhalte, mehr wiegt als ein anderer, ist dichter als dieser zweite Körper.

Unter Dichte eines Körpers versteht man gewöhnlich die Zahl, welche anzeigt, wie vielmal sein Gewicht P größer oder kleiner ist als das Gewicht p eines gleich großen Wasserkörpers von 4° C.

Formel ...... $D = \frac{P}{p}$.

1. Die Dichte des Goldes ist 19, heißt: Das Gewicht irgend eines Goldkörpers ist 19mal größer, als das Gewicht eines gleich großen Wasserkörpers. — Die Dichte des Quecksilbers ist $13{\cdot}_6$; d. h.? Die Dichte des gehämmerten Platins ist 22; d. h.?

2. Die schweren Metalle gehören zu den dichtesten Körpern. Das Blei hat eine Dichte von $11{\cdot}_4$, gehämmertes Silber $10{\cdot}_5$, gehämmertes Kupfer $8{\cdot}_9$, geschmiedetes Eisen $7{\cdot}_8$, gehämmertes Zinn $7{\cdot}_3$, gehämmertes Zink $7{\cdot}_2$ und Aluminium $2{\cdot}_6$ d. h.? Mehr hierüber in der Hydrostatik und Aërostatik.

21. **Das absolute Gewicht,** gemeinhin „Gewicht" genannt, ist jenes, welches einem Körper ohne Rücksicht seines Rauminhaltes zukömmt.
Beispiele.

22. **Das specifische Gewicht** ist jenes Gewicht, welches ein Körper bei einem bestimmten Rauminhalte, den man als Einheit annimmt, zeigt.

1. Ein Kubik-Centimeter chem. reines Wasser wiegt bei + 4°C. 1 Gramm.
„ „ „ „ Zinn „ „ $7{\cdot}_3$ „
Nimmt man einen Kubik-Centimeter als Raumeinheit an, so ist das specifische Gewicht des Wassers 1 und des Zinnes $7{\cdot}_3$.

2. 1 Kubikcentimeter chemisch reines Wasser bei 4°C. bildet die Grundlage des metrischen Gewichtssystems = $0{\cdot}_{229}$ wien. Quentchen = 1 Gramm.

3. Was heißt Decigramm? Decagramm, Hektogramm, Kilogramm? 1 Kilogramm = $1{\cdot}_{786}$ wien. Pfund = 2 Zollpfund. — Gewichts-Systeme.

4. Wie schwer ist eine Litre Quecksilber?

23. **Wie berechnet man das specifische Gewicht eines Körpers?** Man berechnet das specifische Gewicht eines Körpers, wenn man sein absolutes Gewicht durch seinen Rauminhalt dividirt. — Beispiele. — Aufgaben.

24. **Dichte und specifisches Gewicht.** Ist die Dichte eines Körpers 2, 3, 4...mal größer, als die eines zweiten, so ist auch sein specifisches Gewicht 2, 3, 4...mal bedeutender, d. h. die Dichten der Körper verhalten sich wie ihre specifischen Gewichte.

Multiplicirt man die Zahl, welche die Dichte eines Körpers anzeigt, mit der Zahl für das specifische Gewicht des Wassers; so bekommt man die Größe, welche das specifische Gewicht des Körpers ausdrückt. — Beispiele.

Im Metersystem fällt der Begriff der Dichte mit jenem des specifischen Gewichtes zusammen. (Vergl. §§. 20 und 22).

1. Wie groß ist das specifische Gewicht der im §. 20 angeführten Metalle?
2. Man bezeichnet die „Dichte“ der Körper auch mit „specifischem Gewichte im zweiten Sinne.“ In den meisten Werken über Mineralogie und in vielen tabellarischen Arbeiten über die Dichte der Stoffe ist die Ueberschrift „specifisches Gewicht“ als „Dichte“ aufzufassen.

II.

Die äußere Verschiedenheit der Körper.

25. **Feste oder starre Körper** sind solche, welche eine selbständige Gestalt haben und die erst durch eine größere, meßbare Kraft getheilt werden können, z. B. Metalle, Steine.

26. **Flüssig** nennt man jene Körper, deren Theilchen schon durch eine sehr geringe Kraft verrückt werden, z. B. Wasser, Luft.

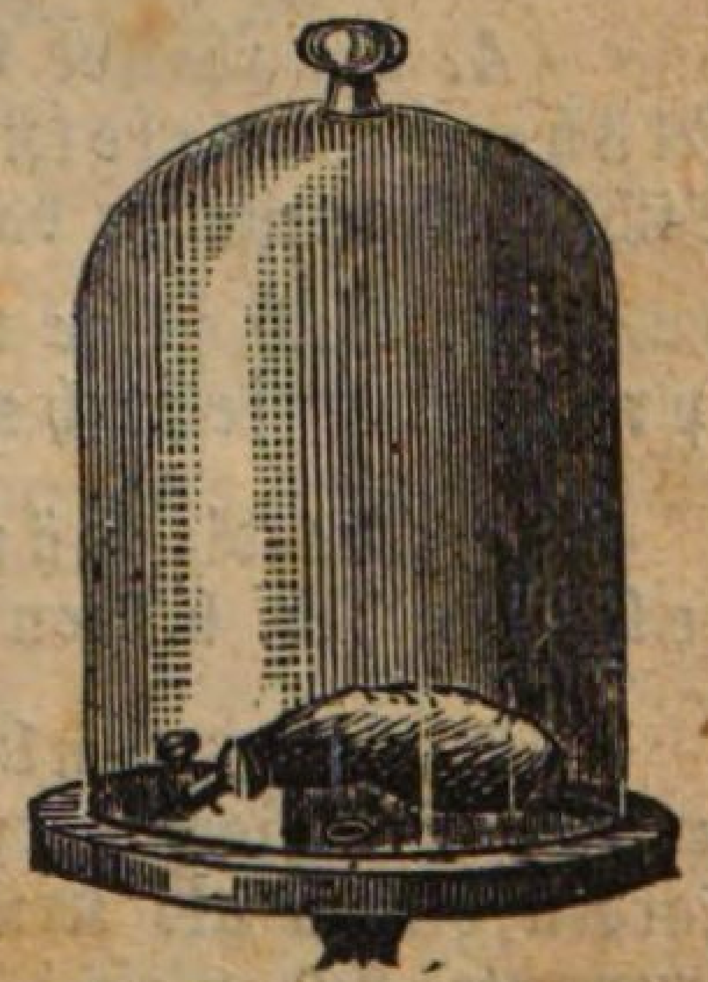
27. **Die tropfbar flüssigen Körper** bilden in kleinen Mengen Kugeln, und lassen sich selbst durch die größten, mechanischen Kräfte nur äußerst wenig zusammendrücken. Man kann sie als völlig unzusammendrückbar annehmen.

28. **Die ausdehnsamen, elastisch flüssigen oder gasförmigen Körper** sind in hohem Grade zusamendrückbar. Alle ihre Theile äußern das Streben, sich von einander zu entfernen und einen größeren Raum einzunehmen. Diese Eigenschaft der luftförmigen Körper nennt man ihre Ausdehnsamkeit.

1. Die Ausdehnsamkeit der Luft drückt (Fig. 2) den luftdicht schließenden Stempel zurück, nachdem er gegen den Boden der Glasröhre rasch gestoßen worden ist.

2. Die luftdicht geschlossene, schlappe Blase (Fig. 15) schwillt an, wenn die äußere, sie umgebende Luft weggeschafft wird; warum?

Fig. 15.



29. **Gase** sind jene ausdehnsam flüssigen Stoffe, welche gar nicht oder erst bei einer sehr bedeutenden, künstlichen Erkaltung oder bei sehr starkem Drucke tropfbarflüssig gemacht werden können.

Man kann Kälte und Druck gleichzeitig anwenden, um Gase in tropfbare Flüssigkeiten zu verwandeln; mit welchem Vortheil?

30. **Dünste** heißen jene gasförmigen Körper, welche schon bei minderer Abkühlung oder bei geringer Druckvermehrung in den tropfbaren Zustand übergehen.

Wasserdünste, in einer unten geschlossenen Glasröhre leicht zusammengepreßt oder unbedeutend gekühlt, werden theilweise tropfbar flüssig.

31. **Aggregation** bezeichnet den Zustand, ob ein Körper fest, tropfbarflüssig oder gasförmig ist.

32. **Hart** heißen jene festen Körper, welche dem Eindringen eines anderen Körpers einen großen Widerstand entgegensetzen.

1. Von zwei Körpern ist jener der härtere, der den anderen abzureiben oder zu ritzen vermag. In der folgenden Härteskala von Mohs vermag jeder später angeführte Körper alle früher stehenden anzugreifen, aber keinen der nachgesetzten.

2. Härteskala: Talk, Steinsalz, Kalkspath, Flußspath, Apatit, Feldspath, Quarz, Topas, Korund, Diamant. — Beispiele zu dieser Härteleiter.

3. Der härteste Körper ist also der Diamant. — Glasschneiden. — Wolframstahl und Messer daraus. — Gleich harte Körper ritzen einander.

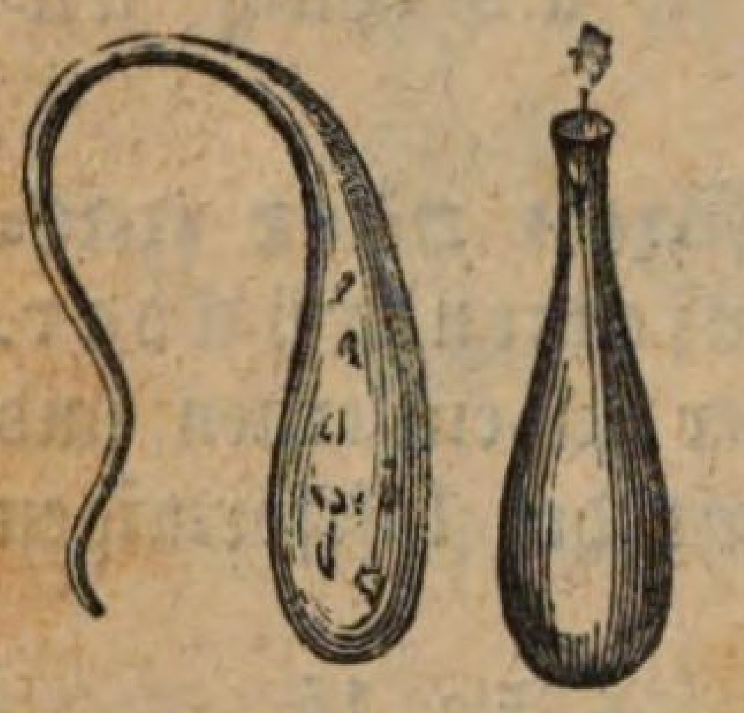
33. **Weich** heißt ein Körper, der leicht äußere Eindrücke aufnimmt und behält, z. B. Wachs.

1. Feuchter Thon, Teig, frischer Kitt der Glaser, die Brose des frischen Gebäckes, dicker Gypsbrei u. s. w.

2. Viele weiche Körper werden in der Wärme, nachdem das Wasser aus ihren Poren entwichen ist, hart, z. B. der Thon beim Ziegel- und Topfbrennen.

34. **Spröde** heißen jene Körper, welche sogleich zerbrechen, wenn man ihre Theilchen zu verschieben sucht, z. B. Glas.

Fig. 16. Fig. 17.



1. Die Sprödigkeit des Glases wird durch schnelle Abkühlung vermehrt.

2. Die „Glasthränen" (Fig. 16) werden erzeugt, indem man das geschmolzene Glas in kaltes Wasser fallen läßt. Bricht man dann einem solchen Tropfen die Spitze ab, so zerstäubt er.

3. Die Bologneserfläschchen oder Springkölbchen (Fig. 17) sind bei ihrer Anfertigung in freier Luft abgekühlt. Ein solches Fläschchen zerspringt, wenn ein Feuersteinsplitter die innere Bodenwand ritzt. Ueber die Kühlöfen in Glasbläsereien.

4. Ueberhaupt bewirkt jeder sehr rasche Wechsel der Wärme Sprödigkeit. Glühende Kieselsteine, schnell in kaltes Wasser gebracht, zerfallen in kleine Stücke. Anwendung davon in den Glasfabriken.

5. Auch sehr rasch von der höchsten Gluth abgekühlter Stahl wird sehr spröde und sehr hart („glasharter Stahl").

6. Um die Härte und Sprödigkeit zu vermindern, wird der Stahl „angelassen", d. h. von neuem erhitzt und langsam erkaltet.

7. Beim „Anlassen" des glasharten Stahles wird er, je nach der Steigerung der Hitze, weniger hart und gelb, braun, purpurroth, blau und schwarzgrau. Diese Farben dienen als Kennzeichen für die Härte des Stahles. Für die verschiedenen Instrumente sind verschiedene Härtegrade erforderlich. Der glasspröde Stahl dient höchstens zu Feilen.

8. Durch langsames Hämmern wird der Stahl härter; daher das Hämmern der Sensen.

35. **Dehnbar** heißen jene festen Körper, welche sich durch Schlagen, Ziehen u. s. w. eine neue Größe und eine neue Gestalt bleibend aufdringen lassen; z. B. Gold, Kupfer etc.

1. Das Gold- und Silberblatt, die feinen Gold-, Silber- und Platindrähte, die unechten, geschlagenen Metallblätter zeigen eine große Dehnbarkeit.

2. Das Zinnblatt oder Stanniol, das Rollblei und das Goldblatt werden durch Hämmern oder zwischen Preßwalzen erzeugt. — Metallschlägerei. — Unechtes Blattgold aus Kupfer.

3. Die Drähte werden nach und nach durch engere Löcher einer Stahlplatte, des Zieheisens, gezogen.

4. Das öftere Ausglühen der Metalle erhöhet ihre Dehnbarkeit.

36. **Elastisch** oder federnd heißt ein Körper, der durch äußere Kräfte zwar eine neue Größe und eine neue Figur annimmt, diese jedoch gegen seine ursprüngliche Größe und Gestalt austauscht, sobald die ändernde Kraft zu wirken aufhört; z. B. Kautschuck.

1. Elfenbein, blau angelassener Stahl, gehämmerte Messingstäbe und Drähte. Bis zu einer gewissen Grenze sind fast alle festen Körper, in geringerem Grade, elastisch. — Federnde Streifen aus Holz, Messing u. dgl.

2. Durch geeignete Behandlung läßt sich auch das Glas elastisch machen. Hieher gehören die aus geschmolzenem Glase gezogenen Glasfäden, die Glasbüsche, Glasgespinnste, die dünngeblasenen Gläser, z. B. die gläsernen Kochkolben, Glasretorten u. s. w.

Fig. 18.

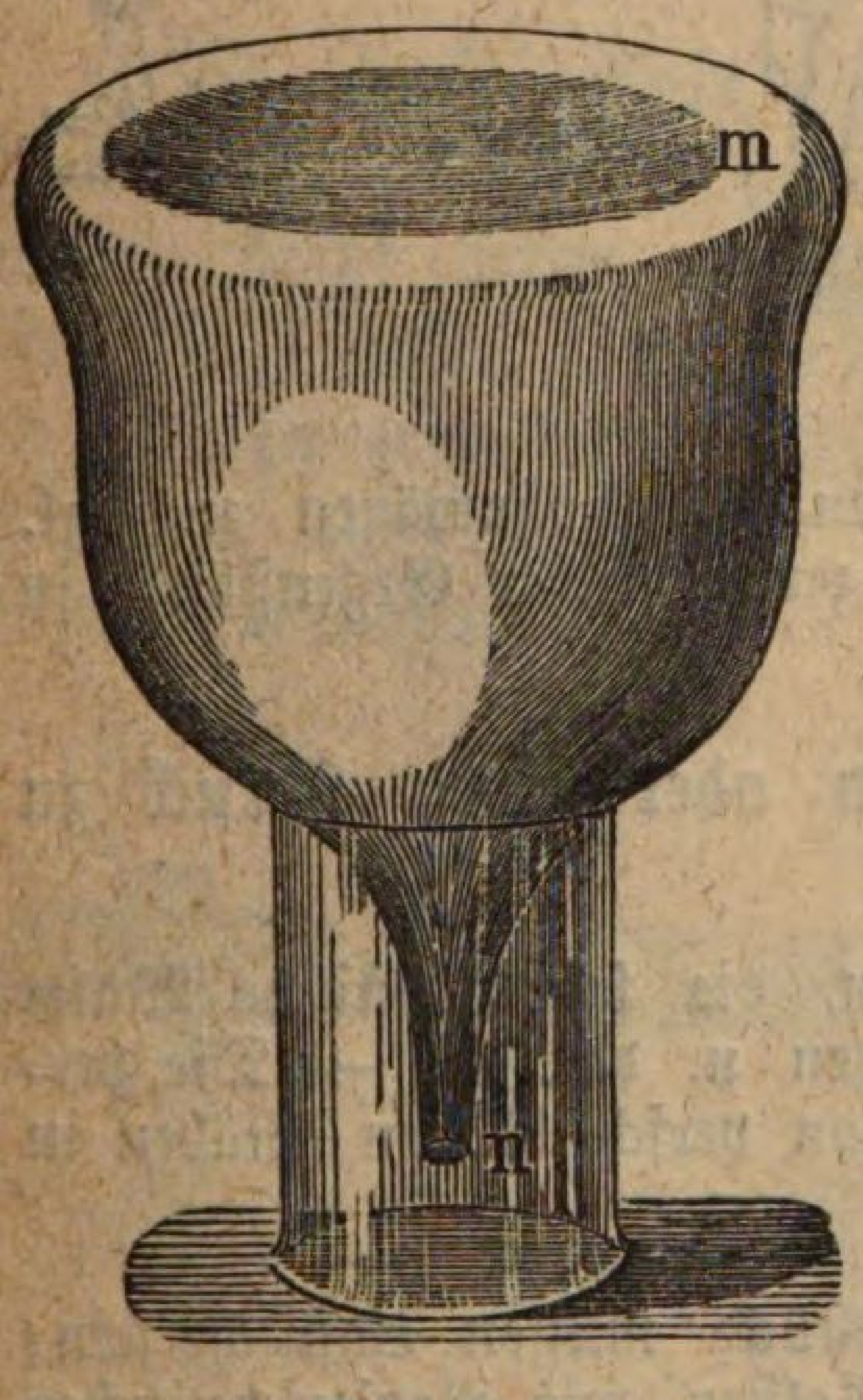


Fig. 19.

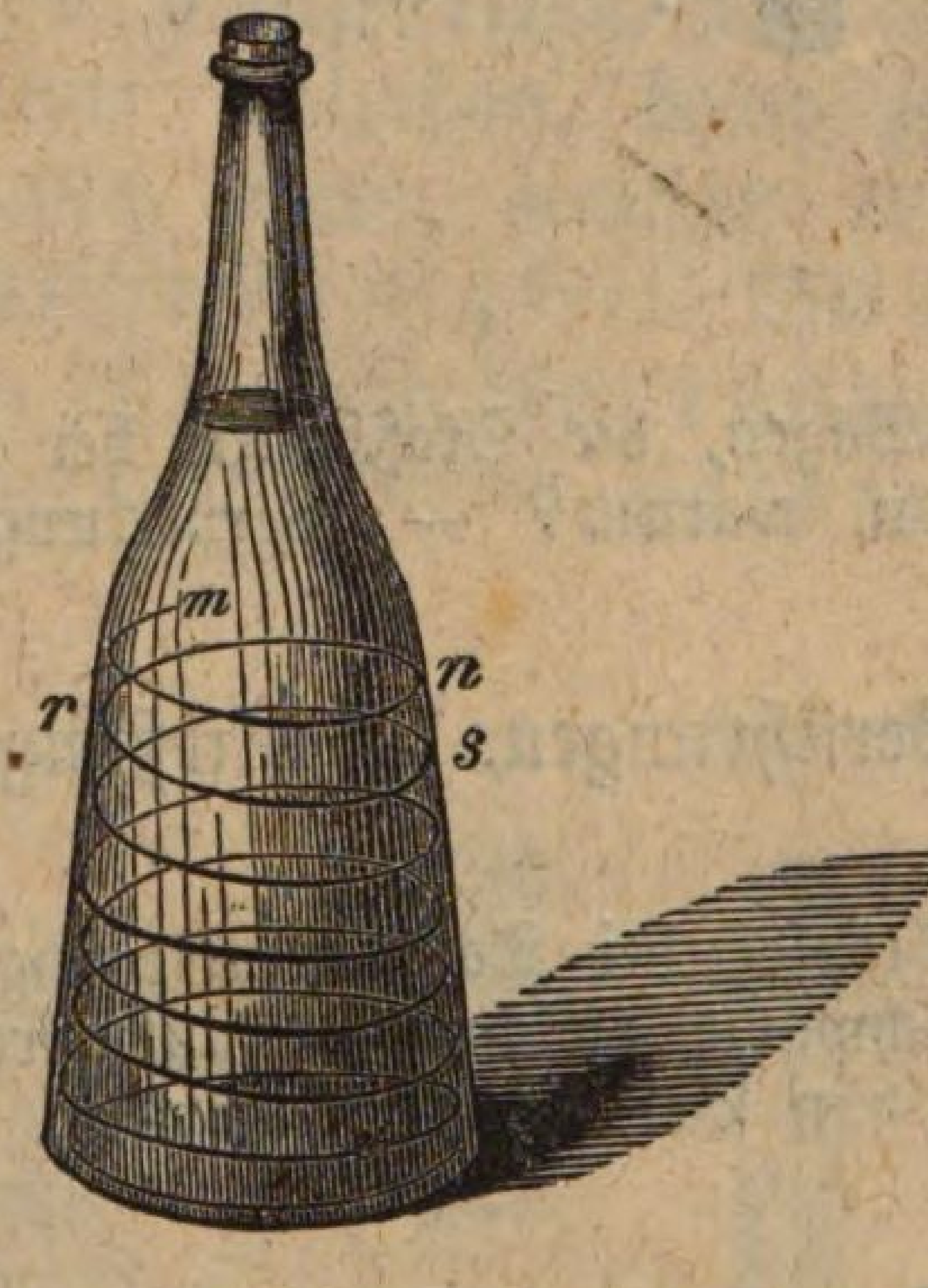
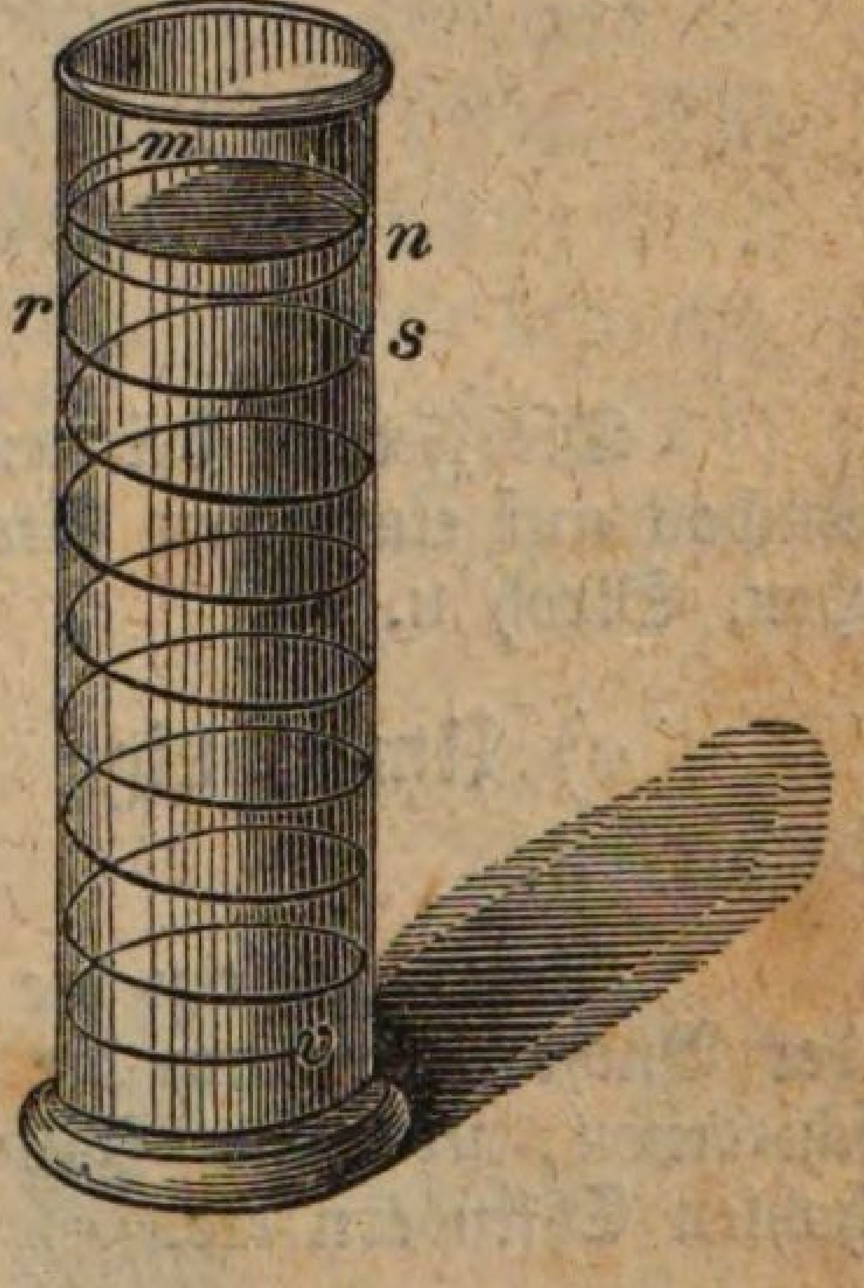


Fig. 20.



3. Die Glastrompete (Fig. 18) hat einen äußerst dünnen, sehr biegsamen Boden m, der sich, wenn bei n hineingeblasen wird, durch den Luftstoß, unter mächtigem Schalle, nach auswärts biegt. Beim Heraussaugen der Luft kehrt der Boden vermöge seiner Elasticität, wieder in die vorige Lage zurück.

4. Aehnliche Erscheinung bei sehr dünnen Fensterscheiben (sogenannten einfachen Scheiben), auf welche der Wind stößt.

5. Mit Sprengkohle kann man Flaschen (Fig. 19) oder Gläser (Fig. 20) spiralförmig sprengen. Diese Gläser lassen sich dann auseinanderziehen, ohne zu brechen. Beim Aufziehen der dickwandigen Glasspirale (Fig. 20) fließt das im Gefäße enthaltene Wasser aus.

37. **Anwendung der Elasticität.** Man wendet die stark elastischen Stoffe an:

a) Um Bewegungen hervorzurufen.

1. Bei Taschenuhren, beim Schießen mittelst des Bogens. — Vielerlei Taschenspieler-Apparate. — Claquehut u. dgl. m. — Vexir-Dosen. — Springdeckel an Uhren, Dosen, Springfiguren an Zielscheiben. — Die Federn zum Selbstschließen der Thüren, ferner an Schlössern jeder Art. — Schnappfeder an Gewehren. — Wiederherstellung der Gestalt der Polsterung durch die Elasticität des Roßhaares, Seegrases u. dgl. m.

2. Bei den Federleuchtern (Fig. 21) und Laternen (Fig. 22) in den Stell- und Eisenbahnwägen, wo eine Spiralfeder die Kerze allmählig in dem Maße hebt, als sie abbrennt.

b) Um Stöße unschädlich zu machen.

Fig. 21.



Fig. 22.

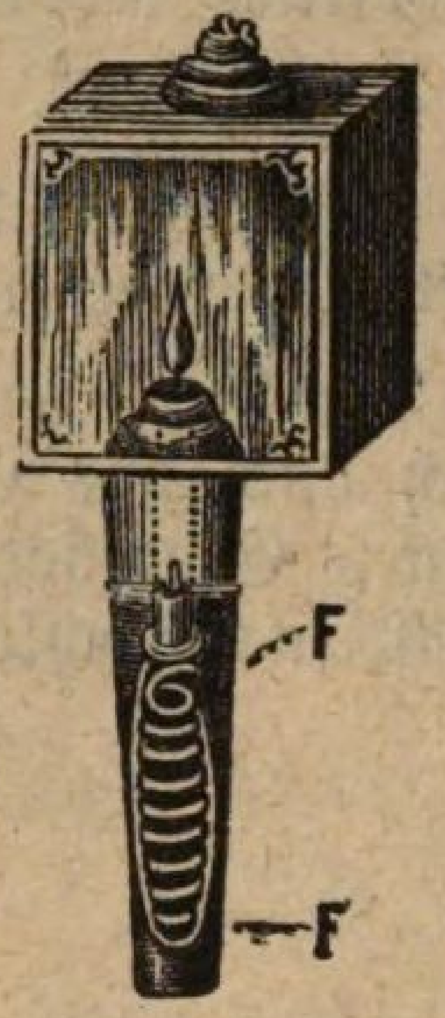


Fig. 23.

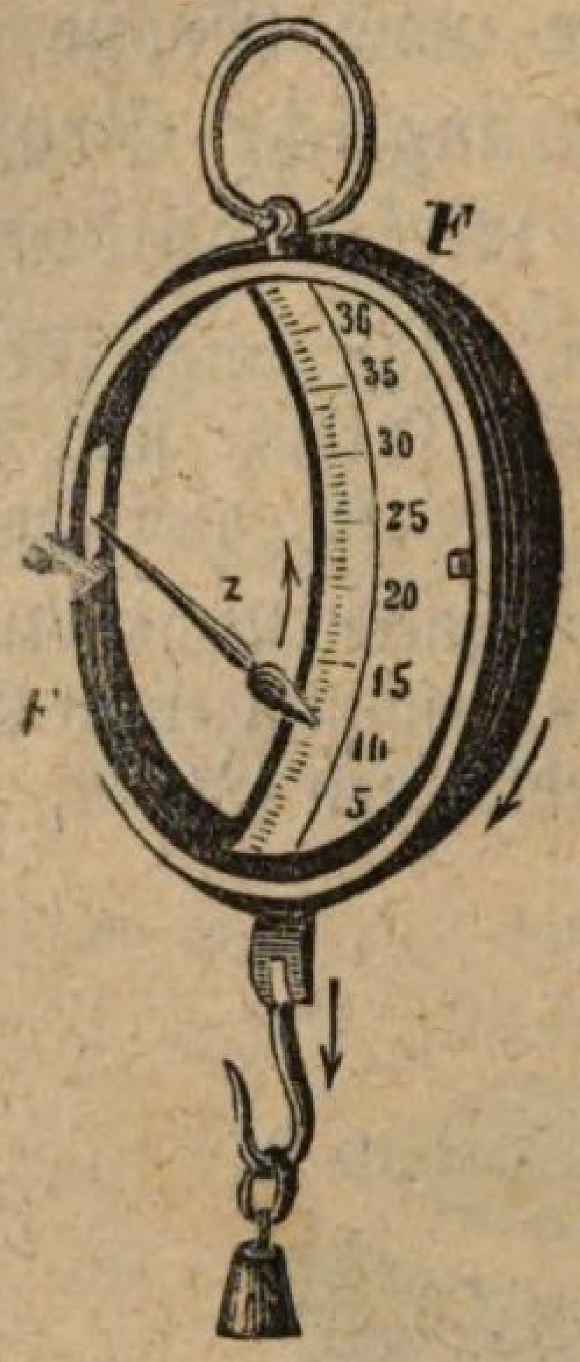
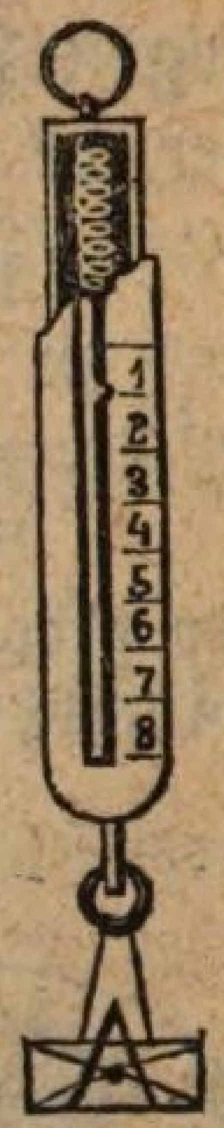


Fig. 24.



Die Federn bei den Wägen, die Stoßballen bei den Eisenbahnwägen u. dgl. Ambos auf elastischen Stoffen, warum? — Verpackung zerbrechlicher Gegenstände in Heu, Stroh u. dgl.

c) Um innige Berührungen, Schließungen oder einen Druck zu bewirken.

Hieher gehören die Stöpsel bei Taschentintenzeugen, die sehr elastische Walze der Buchdrucker, um die Schwärze gleichmäßig aufzutragen u. dgl. m. — Die verschiedenen, federnden Hälter von Briefen, Briefmarken, von verschiebbaren Stäben in hohlen Cylindern etc.

Fragen: Die meisten Stoffe unserer Kleidungsstücke müssen elastisch sein; warum? Schreibfedern müssen elastisch sein; warum? Polster mit Papierschnitzchen gefüllt sind elastisch; wie so?

d) Zu Federwagen (Fig. 23 bis 25) und zu Kraftmessern (Fig. 26). Bei denselben dehnen nämlich 1, 2, 3, 4, 5....n Kilogramme eine Metallfeder 1, 2, 3, 4, 5....nmal mehr aus oder sie drücken dieselbe 1, 2, 3, 4...nmal mehr zusammen.

1. Dynamometer für Zug, Druck und Schlag. — Dynamometer mit starken Spiralfedern. — Die Kraftmesser zum Vergleichen thierischer und menschlicher Kräfte. Derlei Messungen als Zeitvertreib an öffentlichen Belustigungsorten (im Prater u. dgl.)

Fig. 25.

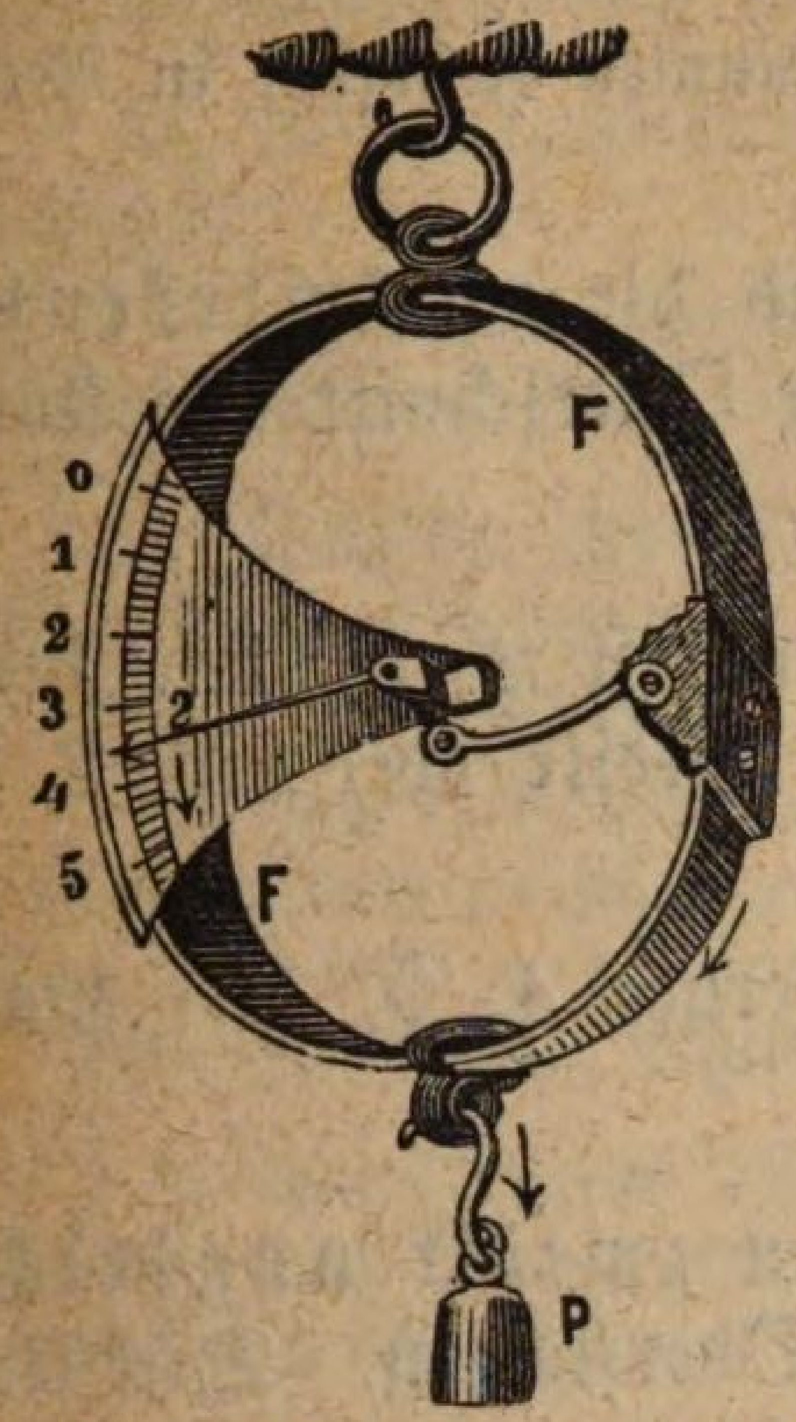
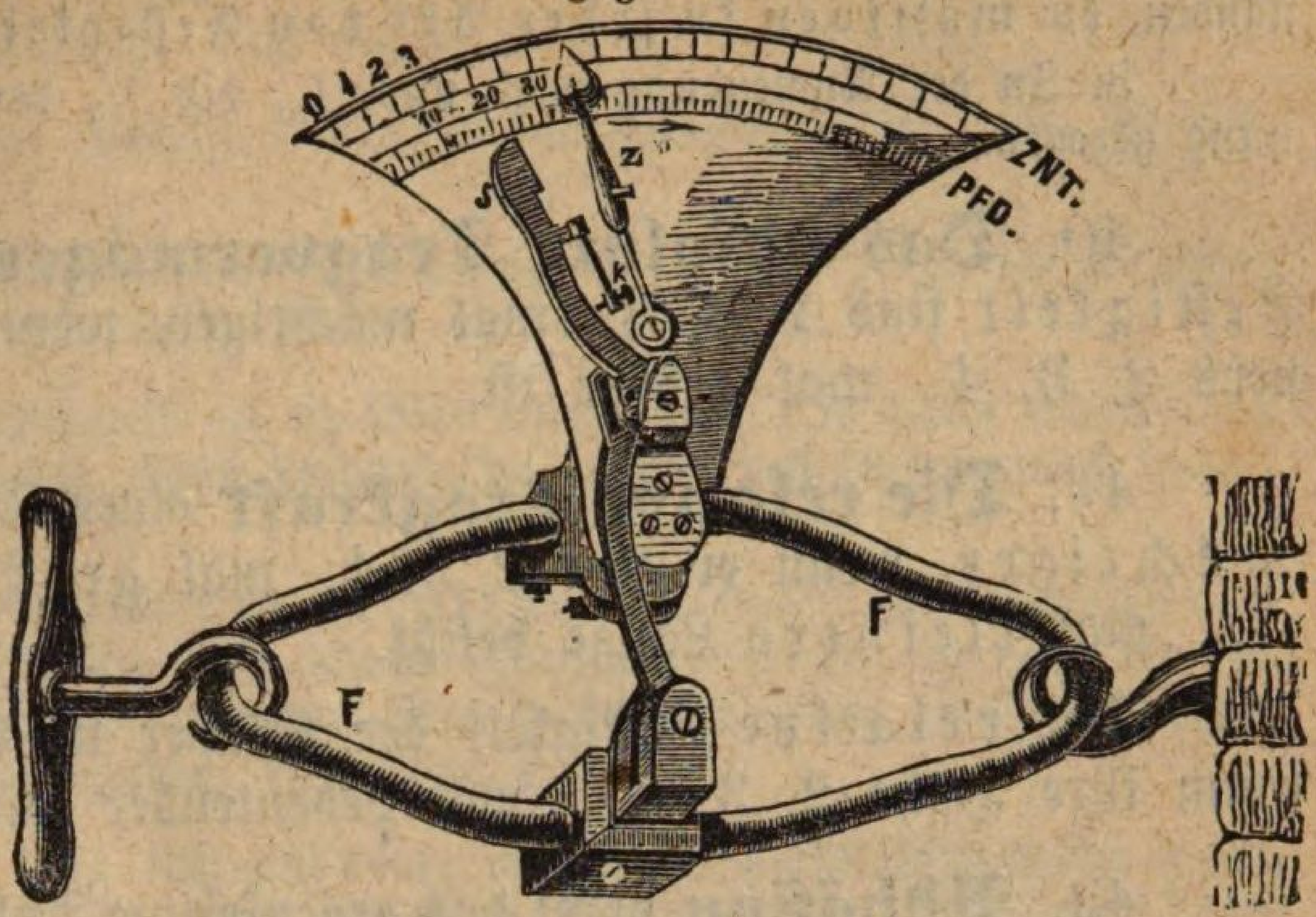


Fig. 26.



2. Aufgaben. Es sind recht viele Zeichnungen von industriellen Anwendungen der Elasticität, z. B. von den in Form von Tragsäulen angefertigten Federwagen, zu bringen.

3. Die Federwage war zwar schon im J. 1726 bekannt; die ersten brauchbaren Federwagen und Kraftmesser stammen jedoch erst von Regnier 1807.

38. **Cohäsion** heißt der Zusammenhang der gleichartigen Theilchen eines und desselben Körpers. Die Ursache dieser Anziehung nennt man Cohäsionskraft.

39. **Festigkeit oder Tragkraft.** Der Widerstand, welchen ein fester Körper, vermöge seiner Cohäsion, beim Zerreißen (Fig. 27) leistet, heißt seine absolute, jener, welchen er beim Zerbrechen (Fig. 28) bietet, seine relative Festigkeit. Die Kraft, die man braucht, um ihn zu zerdrücken, (Fig. 29), wird seine rückwirkende Festigkeit genannt. Die Cohäsion kann auch durch Zerdrehen (Fig. 30) überwunden werden.

Fig. 27.



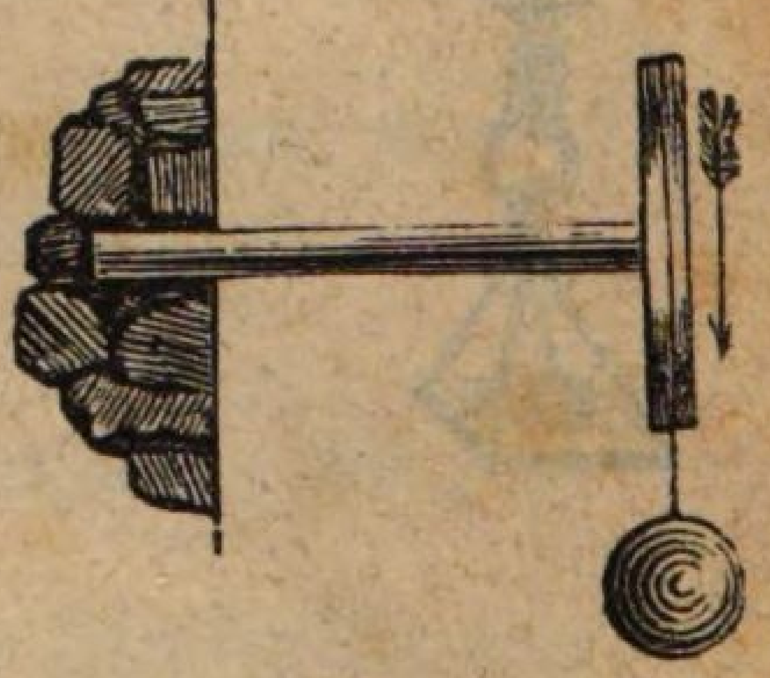
Fig. 28.



Fig. 29.



Fig. 30.



Die bis zum Augenblicke des Aufhörens der Cohäsion, angewendeten Gewichte sind das Maß der Festigkeit.

1. Dem Zerreißen haben zu widerstehen: die Eisenstäbe bei Kettenbrücken und an Hängebalken etc.; dem Zerbrechen: die Querbalken, wagrecht liegende Tragsteine u. dgl. m.; dem Zerdrücken: die Pfeiler, Tragsäulen, Stützen, Stative etc.; dem Zerdrehen die Bohrstangen, Wellbäume u. dgl. m.

2. Hohle Körper übertreffen, bei gleichem Gewichte und bei sonst gleichen Umständen, die massiven in jeder Art von Festigkeit.

3. In der Anwendung wird nur $1/_{10}$ bis $1/_3$ der bekannten Festigkeit in Rechnung gezogen.

40. **Das absolute Tragvermögen** und die rückwirkende Festigkeit sind 2, 3, 4..mal mächtiger, wenn der Querschnitt des Körpers 2, 3, 4..mal größer ist.

41. **Die relative Tragkraft** eines Körpers ist 2, 3, 4...mal mächtiger, wenn er eine 2, 3, 4..mal größere Breite oder eine 2, 3 4...mal kleinere Länge besitzt.

Die relative Festigkeit der Körper wächst ferner 4, 9, 16..mal, wenn ihre Höhe 2, 3, 4...mal bedeutender wird.

42. **Adhäsion** heißt das gegenseitige Anhaften zweier ungleichartiger oder gleichartiger Körper mit ihren Oberflächen. Die Ursache dieser Anziehung nennt man Adhäsionskraft.

Beispiele. a) Adhäsion zwischen zwei festen Körpern. 1. Ein paar sehr eben geschliffene, aneinander haftende Metall- oder Glasplatten (F. 31) lassen sich nicht leicht trennen.

2. Hierher gehören: Das Schreiben mit Blei und Kreide, das Plackiren mit Gold und Silber, das Haften des Kopfes der Stecknadel, die Vereinigung der frischen Schnittflächen des Kautschukes, des Bleies ꝛc., das Schweißen des Eisens u. s. w.

b) Adhäsion zwischen einem festen und einem flüssigen Körper. 1. Zinn, Blei, Silber und Gold werden vom Quecksilber „benetzt"; Holz, Elfenbein, Glas, Platin und Eisen nicht. Alle diese Stoffe werden aber vom Wasser naß.

2. Das Schreiben mit Tinte, das Malen mit flüssigen Farben u. dgl. m. beruht auf der Benetzung des Papiers.

Fig. 31.



Fig. 32.

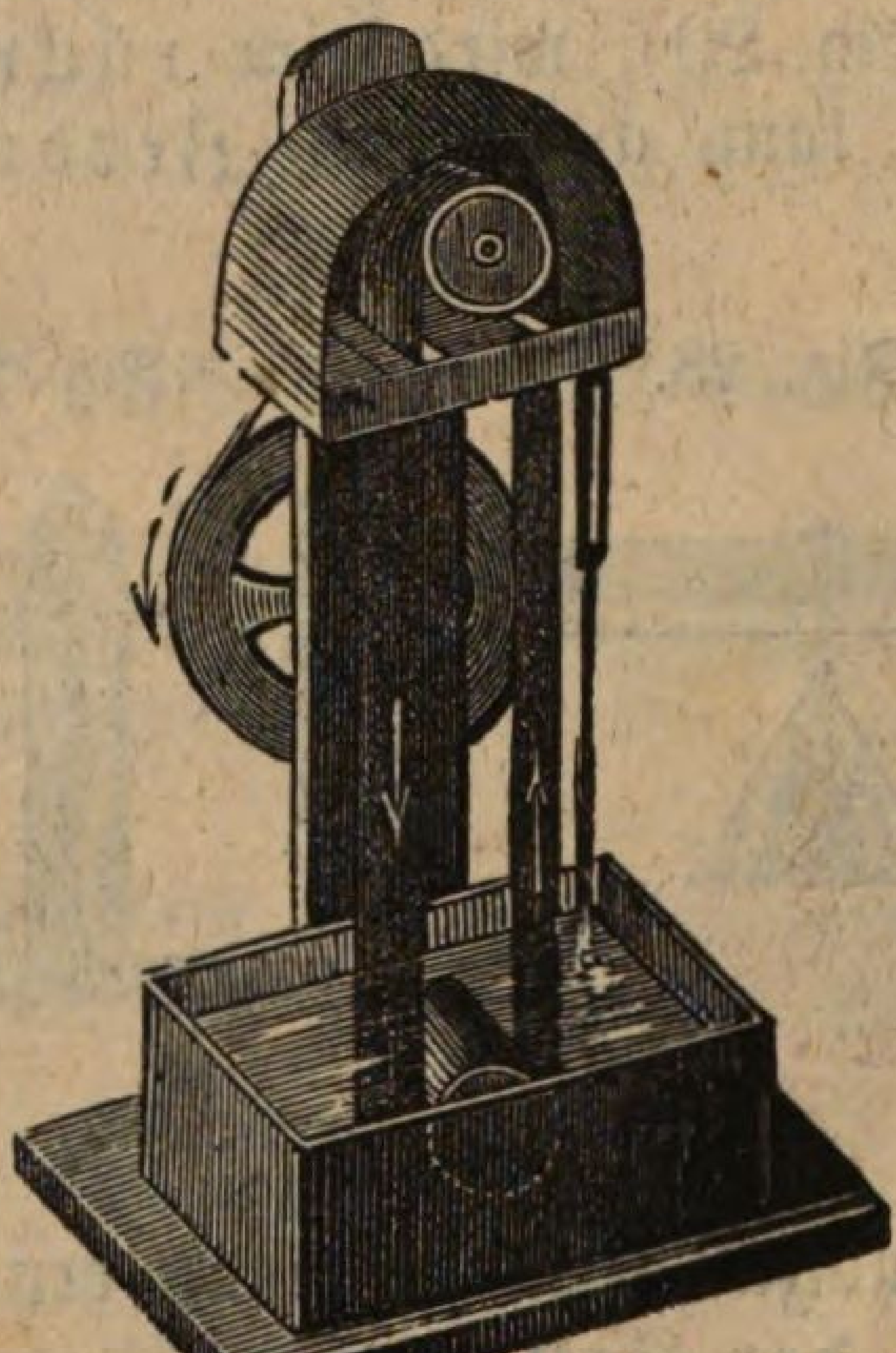


Fig. 33.



3. An der Seilmaschine nach Vera (Fig. 32) wird ein hanfenes Band schnell durch Wasser aufwärts gezogen. Die aufsteigende Hälfte des Bandes ist dann, vermöge der Adhäsion, mit Wasser umgeben. Letzteres wird in das obere

Gefäß abgestreift und von da weiter geleitet. Wegen des mächtigen Verlustes an Kraft durch die Reibung wird diese Maschine nicht angewendet. Erfunden 1780.

4. Verminderung der Adhäsion mittels der Ausgußschnäbel, der Abfließstäbchen ꝛc.

5. Eine Fett- oder Staubschichte und das harzige Hexenmehl heben die Adhäsion des Wassers zum Glase und gegen andere Körper auf. — Versuch.

6. Schüttet man viel Hexenmehl in ein Glas mit Wasser und wirft eine Münze hinein, so kann man diese mit der Hand herausholen, ohne daß letztere naß wird; wie mag dies kommen?

c) Zwei feste Körper und ein tropfbar flüssiger Zwischenstoff. 1. Bringt man zwischen zwei Flächen eine dünne Flüssigkeitsschichte, so wird die Adhäsion bedeutend verstärkt. Hierauf beruhen: Das Leimen, Kleistern, Löthen, Belegen der Spiegel, Kitten, Mauern, Vergolden, Versilbern u. dgl. m.

2. Ein Uhrglas glitscht (Fig. 33) auf einer trockenen, schiefen Glasscheibe herab, auf einer mit Wasser angenäßten Glastafel geräth es, vermöge der ins Spiel kommenden Adhäsion, in Drehung. — Schottischer Dreher oder „Tellertänzer."

d) Adhäsion zwischen zwei tropfbaren Flüssigkeiten. Ein Tropfen Oel breitet sich auf einer Wasserfläche aus; schneller geschieht dies noch bei ätherischen Oelen, z. B. bei Nelken- und Terpentinöl, noch rascher beim Weingeist.

e) Adhäsion zwischen Gasarten und festen Körpern. — Die Gasbläschen an Gläsern, in welchen Brunnenwasser längere Zeit steht.

43. **Absorption.** Das Eindringen ausdehnsamer Flüssigkeiten in die Poren fester und tropfbarer Körper und ihr Verharren daselbst heißt Absorption, Einsaugung oder Verschluckung.

Frisch geglühte und grob gepulverte Knochenkohlen (Spodium) und Holzkohlen zeigen eine bedeutende Absorptionskraft gegen übelriechende Gase und Flüssigkeiten, sowie gegen Farbstoffe. Solche Kohlen werden zum Entfernen des Fuselöles aus dem Branntweine, zum Entfärben des Zuckersaftes, zum Reinigen des Essigs, zum Frischerhalten des Fleisches angewendet. — Die Kohlenfilter für schlechtes Wasser. Absorptionskraft des Platinmohres für Gase. — Tabelle für kräftig absorbirende Stoffe.

Fragen. 1. Ein mit Ammoniakgas volles Gläschen füllt sich gänzlich mit Wasser, wenn das Gas nicht entweichen kann; wie so?

2. Metalle in Kohlenpulver rosten nicht; wie kommt das?

3. Wenn man Zucker oder Brod in den Kaffee taucht, steigen Luftblasen auf; warum?

4. In Rauchzimmern nehmen die Getränke einen Rauchgeruch an; wie so?

5. Wie erklärt man den „Waldgeruch" an den Jägerkleidern?

6. Das Kochsalz wird in feuchter Luft naß; wie kommt dies?

7. Die Tinten werden durch ein Kohlenfilter theilweise entfärbt; wie so?

44. **Auflösung** entsteht, wenn eine tropfbare Flüssigkeit einen in dieselbe gebrachten, festen Körper so fein zertheilt, daß es unmöglich ist, seine Theilchen von jenen der Flüssigkeit, d. i. des Auflösungsmittels, zu unterscheiden.

Nicht jede Flüssigkeit ist im Stande, jeden Körper aufzulösen.

Die Auflösung besitzt die wesentlichen, inneren Eigenschaften der vereinigten Stoffe.

1. Wasser vermag Zucker, Kochsalz, Alaun, Salpeter, aber keine Kohle, keinen Schwefel aufzulösen. — Das Wasser ist für sehr viele Stoffe ein Auflösungsmittel. Auf der Auflösung beruht das Waschen, das Fleckputzen u. dgl. m.

2. Als Auflösungsmittel für die Metalle dienen die Säuren und für viele derselben auch das Quecksilber. — Verdünnte Säuren als Putzmittel für die Metalle; warum?

3. Die Sauerstoffsalze lösen sich im Wasser, weniger aber im Weingeist auf; die ätherischen Oele und viele, in den organischen Stoffen enthaltene Materien z. B. Phosphor, Jod 2c. sind im Alkohol oder Aether löslich (Extrahiren der Pflanzen). Fette und Harze sind im Benzin, Pinolin, Petroleum zuweilen auch in Alkohol oder Aether löslich (Fettfleckputzen). — Tabelle für Auflösungen.

4. Vorführen filtrirter, schön gefärbter Auflösungen, z. B. von Kupfersalzen (blau), von den Chromsäuresalzen (gelb) und von Kupferchlorid (grün).

45. **Gesättigte Auflösungen.** Eine Flüssigkeit kann bei einem bestimmten Wärmezustande nur eine gewisse Menge eines Stoffes aufnehmen, über welche hinaus keine weitere Auflösung möglich ist. In diesem Zustande heißt die Auflösung gesättigt.

1. 100 Theile Wasser nehmen bei gewöhnlicher Wärme höchstens 37 Theile Kochsalz, aber immer weniger auf; ebenso ist es mit 462 Theilen Wasser und 1 Theile Gyps.

2. Erscheint die Auflösung trübe, so sind nicht alle Theilchen aufgelöst. Man wartet dann, bis sich die Theilchen setzen oder man filtrirt die Flüssigkeit durch Tücher, Fließpapier. — Filtrir-Vorrichtungen. — Schlemmen. — Concentrirte und verdünnte Auflösungen.

46. **Beschleunigungsmittel für die Auflösung.** Man befördert die Auflösung durch Pulverisiren des aufzulösenden Körpers, durch Erwärmen und durch Umrühren der Flüssigkeit.

1. Die Kenntniß der Auflösungs-Verhältnisse ist für die Chemiker, Apotheker, Aerzte und für viele Gewerbe höchst wichtig.

2. Warum taugt warmes Wasser besser zum Waschen als kaltes? Und warum Flußwasser („weiches Wasser") besser als Brunnenwasser („hartes Wasser")?

47. **Mischung** entsteht, wenn sich zwei verschiedenartige Flüssigkeiten zu einer neuen gleichartigen Flüssigkeit vereinigen, welche viele Eigenschaften der zusammengebrachten Materien in gemilderter Weise zeigt. Eine solche Vereinigung heißt Mischung.

Bei der Mischung scheint keine Sättigungsgrenze vorzukommen.

1. Wasser und Wein, Milch und ein Kaffeeabguß lassen sich mischen (Melange); Wasser und fette Oele lassen sich nicht mischen.

2. Weingeist mischt sich mit Wasser, Schwefeläther nicht. Gießt man Schwefeläther unter Wasser und rührt um, so schwimmt er wieder auf dem Wasser, was man durch dessen Anzünden ersichtlich machen kann. — Versuch.

3. Die Metalle werden im geschmolzenen Zustande gemischt und heißen Legirungen. Die wichtigsten derselben sind: Das Messing aus Kupfer und Zink; die Glockenspeise und das Kanonenmetall aus Kupfer und Zinn; die Bronze aus Kupfer, Zinn und Zink. — Metalle mit Quecksilber gemischt heißen Amalgame.

48. **Krystall** heißt jeder unorganische Körper, der von Natur aus eine regelmäßige Begrenzung durch ebene Flächen und eine

leichtere Theilbarkeit, in paralleler Richtung wenigstens zu einer der Grenzebenen, besitzt. Unkrystallisirte Stoffe heißen amorph.

49. **Krystallbildung.** Zur Entstehung vollkommener Krystalle muß die Materie flüssig sein. Dann können die Körpertheilchen den zwischen ihnen wirkenden Kräften leichter folgen.

1. Feste Körper können nur unvollkommen kiystallisch d. i. krystallinisch werden, z. B. die stählernen Wagenaxen; dieselben brechen dann leicht.

2. Die amorphen, durchscheinenden Eibischzelteln werden später krystallinisch und daher undurchsichtig.

3. An den Bruchflächen krystallinischer Körper sieht man kleine Krystalle

Bei der Krystallerzeugung wird die flüssige Materie wieder in den festen Zustand zurückgeführt:

1. Durch allmälige Abkühlung des geschmolzenen oder dampfförmigen Stoffes.

Beispiele. 1. Schmilzt man Schwefel, und läßt ihn nach und nach erkalten, so bildet sich auf der Oberfläche desselben eine Kruste. Durchsticht man diese und gießt den noch flüssigen Theil aus, so findet man die Wände des Gefäßes mit Krystallen besetzt. Auf ähnliche Weise erzeugt man Wismuth- und Antimonkrystalle.

2. Verwandelt man Schwefel in Dämpfe und leitet diese in eine kalte Vorlage, so legen sie sich dort an den Wänden krystallinisch an (Schwefelblumen). Auf ähnliche Weise kann man Salmiak- und Jodkrystalle erzeugen.

3. Das Gefrieren des Wassers zu Eis ist eine Krystallisation. — Ueber die krystallinische Form des Schnees und der Eisblumen an den Fenstern. — Schneefiguren. — Erzeugung von Kochsalzkrystallen. — Kleine Krystalle in chemischen Niederschlägen.

2. Durch langsame Verdunstung des flüssigen Auflösungsmittels.

50. **Günstige Umstände der Krystallisation.** Größere Krystalle können nur aus einer ruhigen Flüssigkeit anschießen. Die Krystallbildung wird beschleunigt, wenn man in die Auflösung einen Krystall derselben Materie oder einen festen Körper bringt.

Beispiele. 1. Taucht man in eine Kochsalzlösung einen Kochsalzkrystall, so wächst er rasch, selbst dann, wenn sich in der Flüssigkeit noch keine Spur vom Beginne der Krystallisation zeigt. — Vorzeigen schöner, großer Krystalle.

2. Bei der Erzeugung der großen Kandiszucker-Krystalle durchzieht man die flüssige Materie mit Fäden.

III.

Die innere Verschiedenheit der Körper.

51. **Zusammengesetzte Stoffe.** Die meisten Körper sind aus verschiedenartigen Stoffen zusammengesetzt; sie lassen sich wieder in ihre Bestandtheile zerlegen, und heißen daher zusammengesetzte Körper.

Kochsalz z. B. besteht aus einem Gase, Chlor, und aus einem Metalle, Natrium; es kann in diese Bestandtheile zerlegt und aus diesen wieder zusammengesetzt werden.

52. **Chemische Theilung.** Die Zerlegung eines Stoffes in mehrere, von einander und von ihm selbst, verschiedene Materien ist eine ganz andere, als die mechanische Theilung. Es bedarf zu ihrer Durchführung besonderer Kenntnisse und Mittel. Sie heißt die chemische Theilung, chemische Zerlegung, chemische Analyse.

53. **Einfache Stoffe.** Materien, welche bisher nicht weiter chemisch zerlegt werden konnten, nennt man einfache d. h. unzerlegte Körper, Grundstoffe oder Elemente, z. B. Schwefel, Kohle.

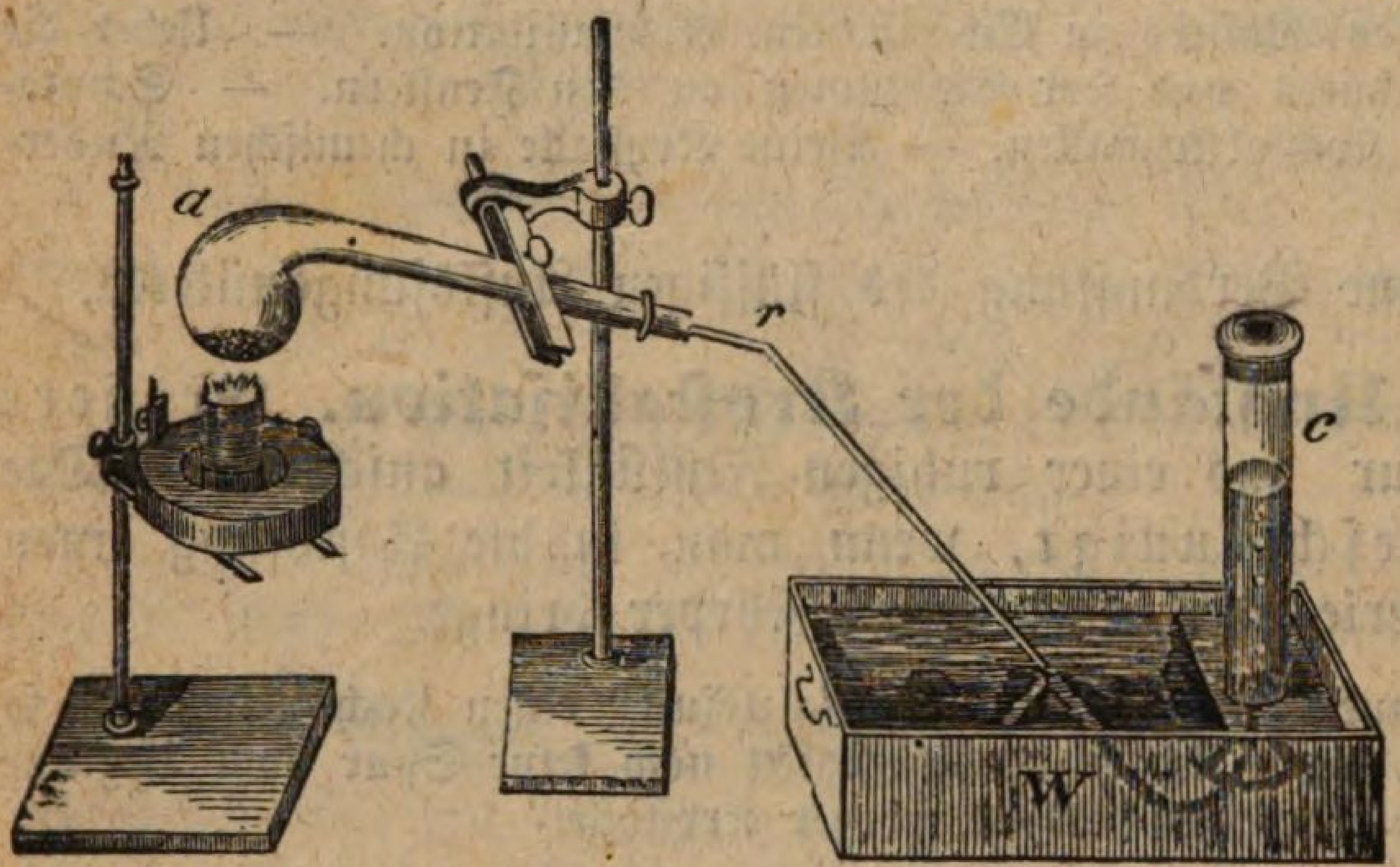
54. **Chemische Verwandtschaft oder Affinität** heißt die Anziehungskraft, durch welche die einfachen zu zusammengesetzten Körpern verbunden werden.

55. **Verbindungs-Gesetz.** Die einfachen Stoffe verbinden sich immer in einem bestimmten Gewichts- oder Maaßverhältnisse zu zusammengesetzten Körpern.

1. Gyps enthält immer $41._{18}$ Gewichtstheile Kalk, $58._{82}$ Gewichtstheile Schwefelsäure; er kann in diese Theile zerlegt, und aus diesen wieder zusammengesetzt werden.

2. Wasser besteht aus Sauer- und Wasserstoffgas im Verhältnisse wie 1:2, dem Volumen nach; es läßt sich in diese zwei Gase zerlegen und aus diesen wieder zusammensetzen.

Fig. 34.



56. **Der Sauerstoff** ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, welches, mit Stickstoff gemengt, die atmosphärische Luft bildet.

Der Sauerstoff kommt, chemisch gebunden, in den meisten Naturkörpern vor.

Der Sauerstoff verbindet sich, den Fluor ausgenommen, mit allen übrigen Grundstoffen. Die so entstehenden Verbindungen nennt man Oxyde. Erfolgt die Verbindung des Sauerstoffes mit einem andern Körper unter Licht- und Wärme-Entwicklung, so heißt der Verbindungsvorgang Verbrennung.

Verbrennende Körper z. B. Phosphor, Schwefel, Stahlfedern entwickeln im Sauerstoffe einen stärkeren Glanz und eine größere Hitze als in der atmosphärischen Luft.

1. Ein glühender Span, in Sauerstoff getaucht, fängt Flamme.

2. Man gewinnt den Sauerstoff durch Erhitzung (Fig. 34) des chlorsauren Kalis, welches viel Sauerstoff gebunden enthält.

3. Entdeckt von Priestley 1774 und Scheele 1775.

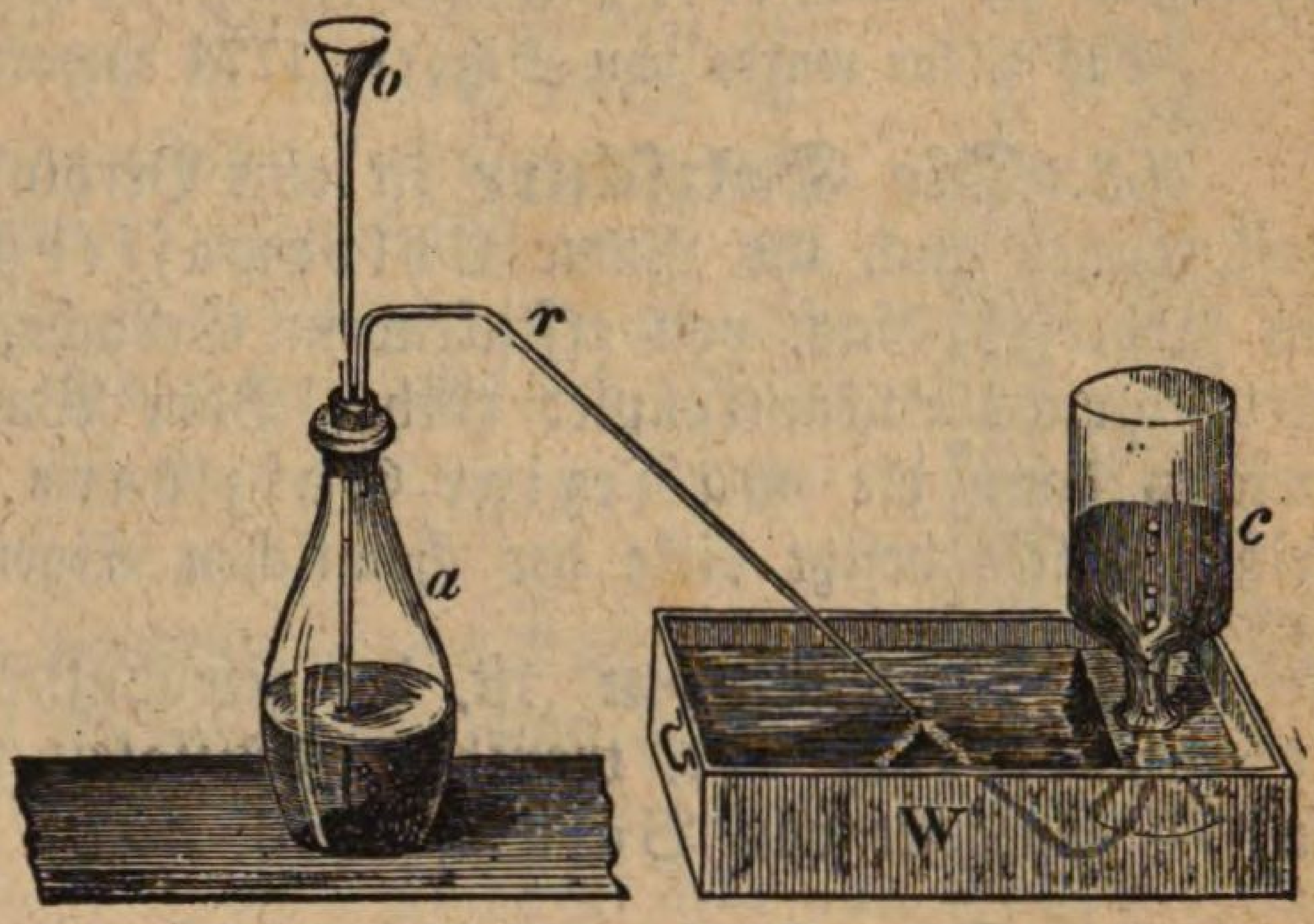
57. **Der Wasserstoff** ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas. Er kommt nur in Verbindungen vor, besonders im Wasser. Er besitzt

unter allen Körpern die geringste Dichte, und ist $14^1/_2$ Mal weniger dicht, als die atmosphärische Luft (Luftballone). Das Wasserstoffgas ist zum Unterhalten des Athmens und Brennens nicht tauglich, brennt aber selbst nur mit schwach leuchtender Flamme und sehr starker Wärme-Entwicklung.

1. Wasserstoff-Feuerzeuge besonders nach Döbereiner. Anzündung aufsteigender Wasserstoffgas-Seifenblasen.

2. Der Wasserstoff wird gewonnen, wenn man (Fig. 35) Zink- oder Eisenfeilspäne in Wasser, welchem Schwefelsäure zugesetzt wurde, bringt. — Entdeckt von Cavendish 1766.

Fig. 35.



58. **Das Knallgas.** Zwei Maß Wasserstoffgas und eine Maß Sauerstoffgas gemengt und angezündet, verbinden sich mit starkem Knall zu Wasser. Jenes Gasgemenge heißt Knallgas.

Anzündung von Knallblasen, Pelotonfeuer.

Das Knallgas wird, wegen der großen Hitze, die es bei seinem Verbrennen entwickelt, im Knallgasgebläse zum Schmelzen des Platins u. s. w. angewendet.

Hält man einen frisch gebrannten Kalkkegel in die Knallgasflamme, so geräth er ins Glühen und verbreitet ein sehr starkes, beinahe blendendes Licht. Dieses Licht heißt das Drummond'sche (1826).

59. **Der Stickstoff.** Der Stickstoff ist ein farb-, geruch- und geschmackloses Gas, etwas weniger dicht als die atmosphärische Luft. Der Stickstoff ist nicht brennbar, unterhält auch das Brennen und Athmen nicht. — Entdeckt von Priestley 1774.

60. **Die atmosphärische Luft** ist hauptsächlich ein Gemenge von nahezu $^1/_5$ Sauerstoff und $^4/_5$ Stickstoff, dem Volumen nach.

61. **Die Salpetersäure** ist eine Verbindung des Stickstoffes mit Sauerstoff, kommt gewöhnlich mit Wasser verbunden, d. i. als Salpetersäure-Hydrat, vor. Dieses ist in reinem Zustande wasserhell, schmeckt sauer, ist sehr ätzend, röthet Lackmus, zerstört fast alle organischen Stoffe und färbt sie gelb. Verdünntes Salpetersäure-Hydrat ist das bekannte Scheidewasser.

62. **Das Chlor** ist ein grüngelbes Gas von erstickendem Geruche, greift die Athmungswerkzeuge an, daher es, in größerer Menge eingeathmet, den Tod nach sich ziehen kann. Das Chlor zerstört Miasmen d. i. unbekannte, in der Luft enthaltene Krankheitsstoffe. Es bleicht in feuchtem Zustande die Pflanzenfarben. Das Chlorgas wird vom Wasser

stark absorbirt, welches dann als Chlorwasser die entsprechenden Eigenschaften des Gases selbst, aber im gemilderten Grade, zeigt.

Durch sehr starken Druck und hohe Kältegrade kann das Chlorgas zu einer tropfbaren Flüssigkeit verdichtet werden.

Das Chlor wurde von Scheele 1774 entdeckt.

63. **Die Salzsäure** ist eine Verbindung des Chlors mit Wasserstoff, daher auch ihr Name Chlorwasserstoff. Die Salzsäure ist ein farbloses Gas, von erstickendem Geruche, sehr saurem Geschmacke und färbt blaues Lackmuspapier roth. Vom Wasser wird sie stark absorbirt, welches dann die wässerige Salzsäure, oder kurzweg Salzsäure heißt. Diese besitzt viele der chemischen Eigenschaften des Salzsäuregases.

64. **Das Brom** ist, bei gewöhnlicher Wärme, eine rothbraune, sehr übelriechende, tropfbare Flüssigkeit und greift die Pflanzenfarben an. — Entdeckt von Balard 1826.

65. **Das Jod** erscheint in schwarzgrauen, glänzenden, krystallinischen Blättchen, riecht ähnlich dem Chlor, schmeckt scharf, ist giftig und löst sich am besten in starkem Weingeist auf. Das Jod schmilzt in der Hitze und verwandelt sich in ein schön violettes Gas.

Jodröhre. — Entdecker des Jod Courtois 1811.

66. **Die Schwefelsäure** ist eine Verbindung des Schwefels mit Sauerstoff. Sie kommt meistens mit Wasser, d. i. als Schwefelsäure-Hydrat, vor. Jenes Schwefelsäure-Hydrat, welches englische Schwefelsäure heißt, ist eine farblose, höchst sauer schmeckende Flüssigkeit, zieht aus der Luft begierig die Wasserdämpfe an, verkohlt Pflanzen- und Thierstoffe dadurch, daß sie ihnen Wasser entreißt; es sticht dann die Kohle hervor.

67. **Der Phosphor** ist bei gewöhnlicher Wärme fest, farblos, durchsichtig, wachsglänzend; nach einiger Zeit wird er weißgelblich. An der Luft leuchtet er im Dunkeln, und entzündet sich leicht in derselben (Streichhölzchen), daher er unter Wasser aufbewahrt werden muß. Der Phosphor wirkt sehr giftig. — Rattengift.

68. **Die Kohlensäure** ist eine Verbindung von Kohle mit Sauerstoff. Die Kohlensäure kommt in der Natur frei und in Verbindungen vor. Sie ist, bei gewöhnlicher Wärme, ein farbloses Gas, fast ohne Geruch und von schwachsaurem, erfrischendem Geschmacke. Sie ist nicht brennbar, nicht athembar und unterhält auch das Brennen nicht. Die Kohlensäure ist viel dichter als die atmosphärische Luft. Man kann sie, wie Wasser, aus einem Gefäße in das andere gießen. Die Kohlensäure bildet sich beim Verbrennen kohlenhaltiger Materien, wenn die Luft in gehörigem Maße hinzutreten kann, ebenso beim Athmen, bei der Gährung u. dgl. m.

1. Am leichtesten wird die Kohlensäure gewonnen, wenn man Kreide, d. i. kohlensauren Kalk, mit Salzsäure übergießt (Fig. 36). Die stärkere Säure treibt dann die Kohlensäure aus ihrer Verbindung, und letztere entweicht unter Aufbrausen.

2. Sauerwässer oder Säuerlinge. — Champagner. Brausepulver und Seidlitzpulver. — Sodawasser. — Gaslimonaden. — Schäumendes Bier.

Fig. 36.



69. **Das Leuchtgas** ist eine Verbindung der Kohle mit Wasserstoff. Es ist farblos, riecht unangenehm und ist nicht athembar. Es wird aus den Steinkohlen durch Erhitzen abgetrieben und zur Beleuchtung verwendet. Es ist weniger dicht als die atmosphärische Luft. — Entdecker: Black 1752.

Große Luftballone. — Die Gasbeleuchtung im Großen von Murdoch 1792.

70. **Das Kali** ist eine Verbindung des Kaliums mit Sauerstoff. Das Kali ist fest, weiß, sehr ätzend, zerstört die organischen Substanzen und löst sich im Wasser leicht auf. Das Wasser besitzt dann die nämliche Eigenschaft wie das Aetzkali und heißt Aetzkalilauge.

71. **Das Natron** ist eine Verbindung des Natriums mit Sauerstoff, es ist in seinen Eigenschaften dem Kali ähnlich.

Kalium und Natrium verbrennen auf dem Wasser. — Erklärung dieser Erscheinung. — Warum beide Stoffe in Steinöl aufbewahrt werden.

72. **Der Kalk** ist eine Verbindung des Calciums mit Sauerstoff. Der Kalk besitzt, in milderem Grade, viele chemische Eigenschaften des Kali und des Natron.

73. **Die sauern Oxyde oder Säuren** sind meistens im Wasser löslich, haben dann einen sauern Geschmack und röthen blaue Pflanzenfarben, z. B. blaues Lackmuspapier.

Hierher gehören z. B. die Schwefelsäure, die Salpetersäure und die Kohlensäure.

74. **Die basischen Oxyde oder Basen** haben, wenn sie im Wasser löslich sind, einen eigenthümlichen, laugenhaften Geschmack und färben dann die von Säuren gerötheten Pflanzenfarben wieder blau.

Hierher gehören z. B. das Kali, das Natron und der Kalk.

75. **Salze.** a) Die Verbindung irgend einer Säure mit einer Base heißt ein Salz.

Hierher gehören z. B. das kohlensaure Kali oder die reine Pottasche, das kohlensaure Natron oder die Soda, der schwefelsaure Kalk oder Gyps, das schwefelsaure Kupferoxyd oder der Kupfervitriol u. s. w.

b) Auch Chlor, Brom, Jod, Fluor geben mit Kalium, Natrium, Calcium und überhaupt mit Metallen, welche kräftige Basen zu bilden fähig sind, salzähnliche Verbindungen, die insbesondere Haloidsalze heißen.

Hierher gehört das Chlornatrium oder das Kochsalz, ferner das Chlorkalium, das Jodkalium u. dgl. m.

IV.

Die Wärme.

A. Einleitung und Vorkenntnisse.

76. **Wärme.** Hält man eine Bleikugel längere Zeit über eine Weingeistflamme, so wird ihr Rauminhalt größer; sie kann sogar, bei weiterer Erwärmung, tropfbar flüssig werden. Die unbekannte Ursache derartiger Veränderungen an den Körpern heißt Wärme.

77. **Wärmezustand.** Die Wärmeursache kann in den Körpern in höheren oder tieferen Abstufungen oder Graden vorhanden sein, welchen dann ein höherer oder tieferer Wärmezustand der Körper entspricht.

78. **Wärmeempfindung.** Die Körper, in verschiedenem Wärmezustande mit dem menschlichen Körper in Berührung gebracht, erregen in ihm je andere Grade von Wärmeempfindung.

79. **Die Temperatur.** Der jedesmalige Grad im Wärmezustande eines Körpers heißt seine Temperatur. Von einem Körper, dessen Temperatur geringer als die eines zweiten ist, sagt man, er ist kälter als dieser. Unter Kälte versteht man nur einen niedrigeren Wärmegrad, und nicht gänzliche Abwesenheit der Wärme.

Taucht man eine Hand in kaltes, die andere in heißes, hierauf aber beide Hände in laues Wasser, so hält man letzteres, nach der Empfindung an jener Hand, für warm, an dieser für kalt.

80. **Die Spannkraft der Gase.** Die Gase drücken, vermöge ihrer Ausdehnsamkeit, auf Flächen, welche mit ihnen in Berührung stehen. Die Größe dieses Druckes heißt Spann- oder Expansivkraft. Versuche lehren:

a) Die Spannkraft eines Gases wird 2, 3, 4....n mal bedeutender, wenn seine Dichte 2, 3, 4...n mal größer, d. i., wenn sein Rauminhalt, bei ungeänderter Masse, 2, 3, 4...n mal kleiner wird. Dieses ist das wichtige Mariotte'sche Gesetz.

Ein 10mal dichteres Gas drückt auf die umschließenden Wände 10mal stärker.

b) die Spannkraft eines eingeschlossenen Gases nimmt zu, wenn man seinen Wärmezustand erhöht.

81. **Der Luftdruck.** Die Erde ist von atmosphärischer Luft umgeben. Diese Luft erstreckt sich bis zu einer, noch nicht genau bekannten Höhe. Eine jede untere Luftschichte wird durch die darüber lastende Luftsäule zusammengedrückt; sie wird mithin dichter, je tiefer sie liegt. Eine jede dichtere Luftschichte wird eine größere Spannkraft zeigen. Zunächst vermöge dieser Spannkraft, mittelbar aber durch ihre

Schwere, muß die Luft auf alle Körper, mit welchen sie in Berührung steht, einen Druck ausüben, welcher Luftdruck heißt.

Fig. 37.

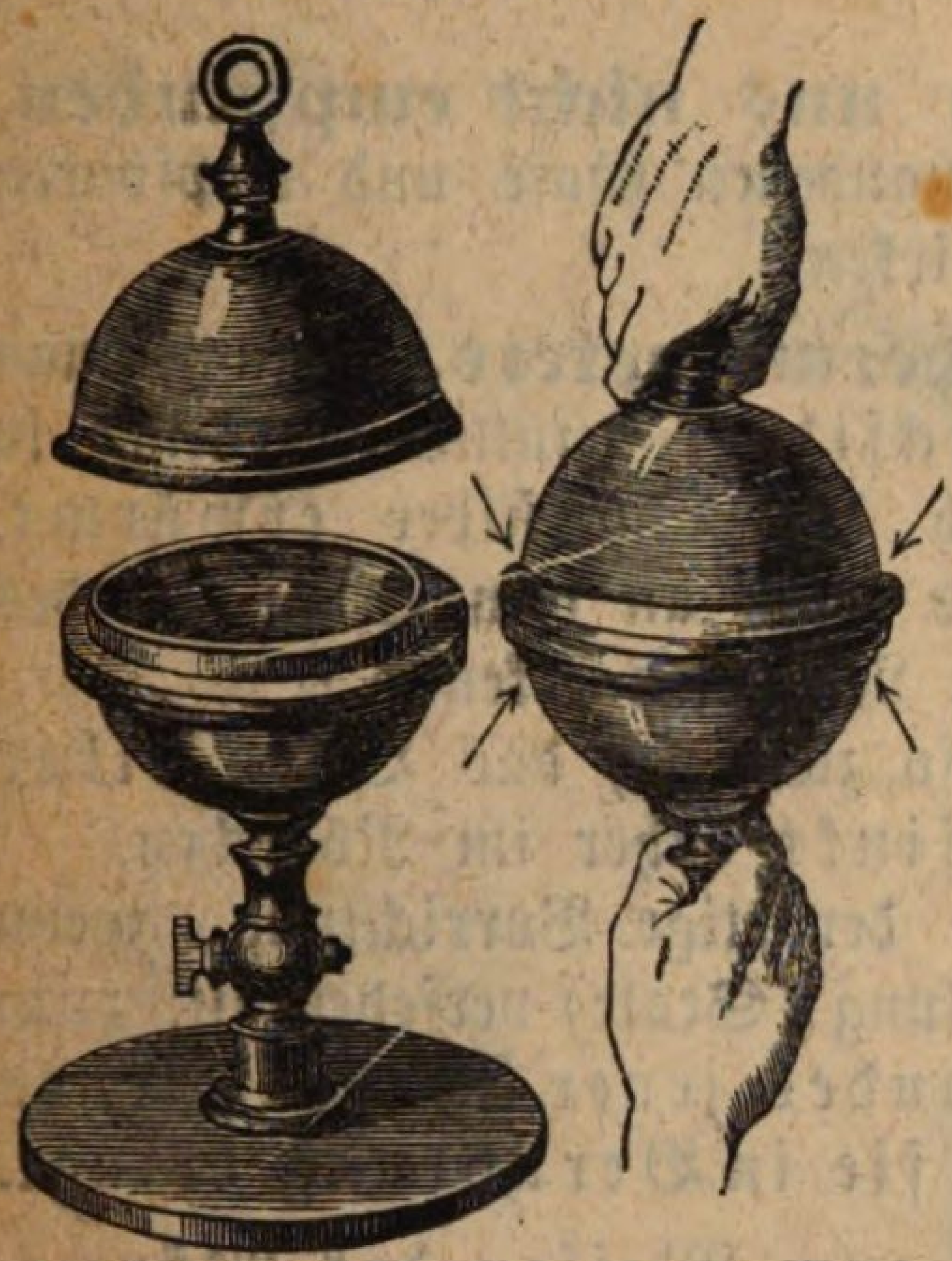


Fig. 38.

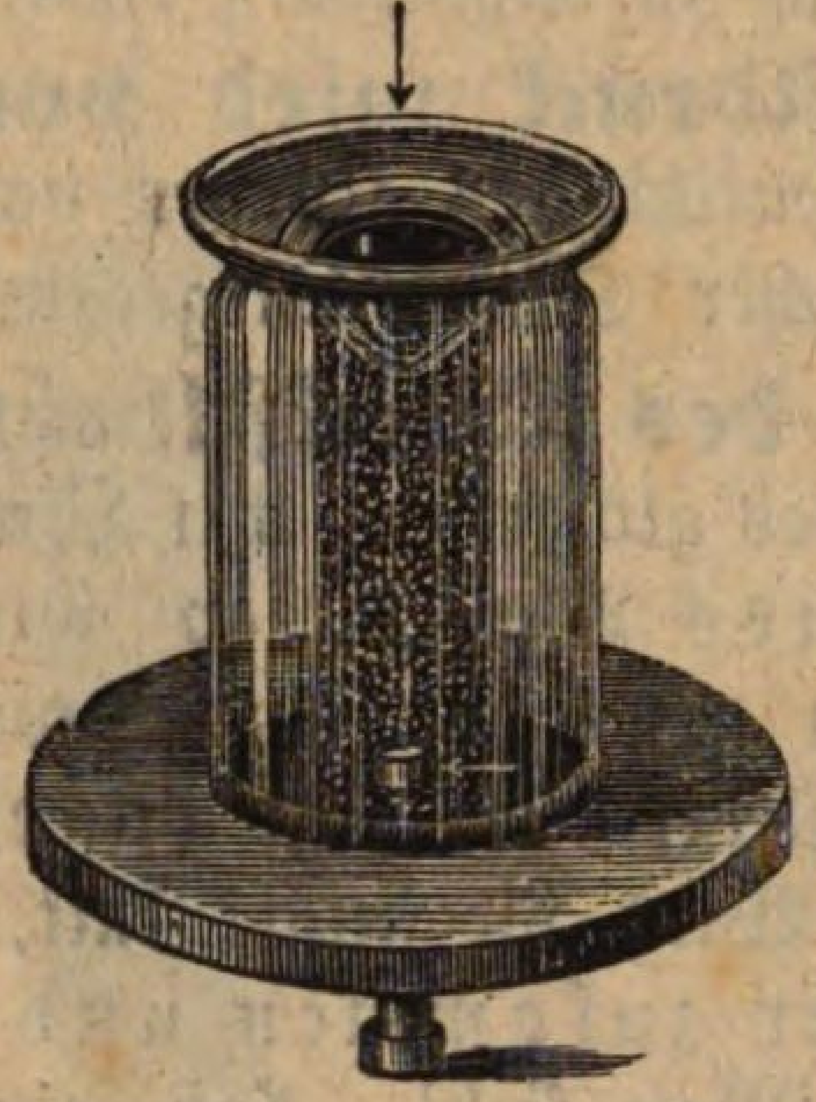
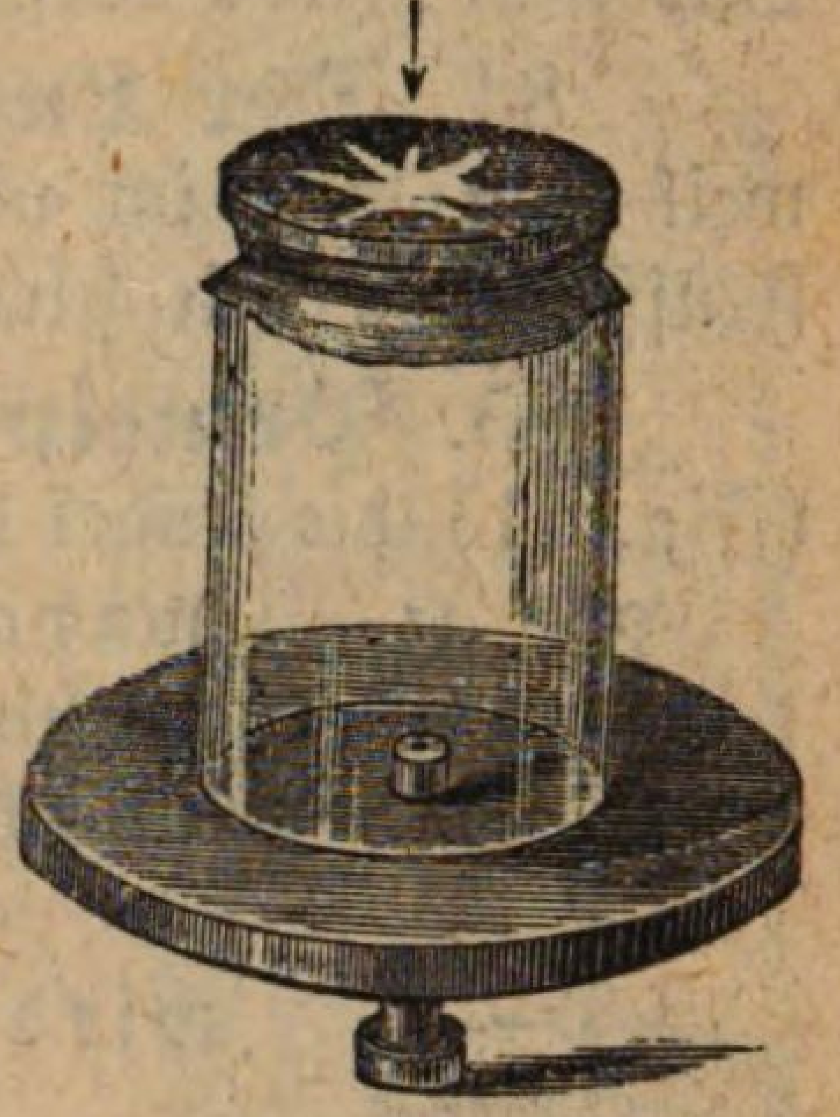


Fig. 39.

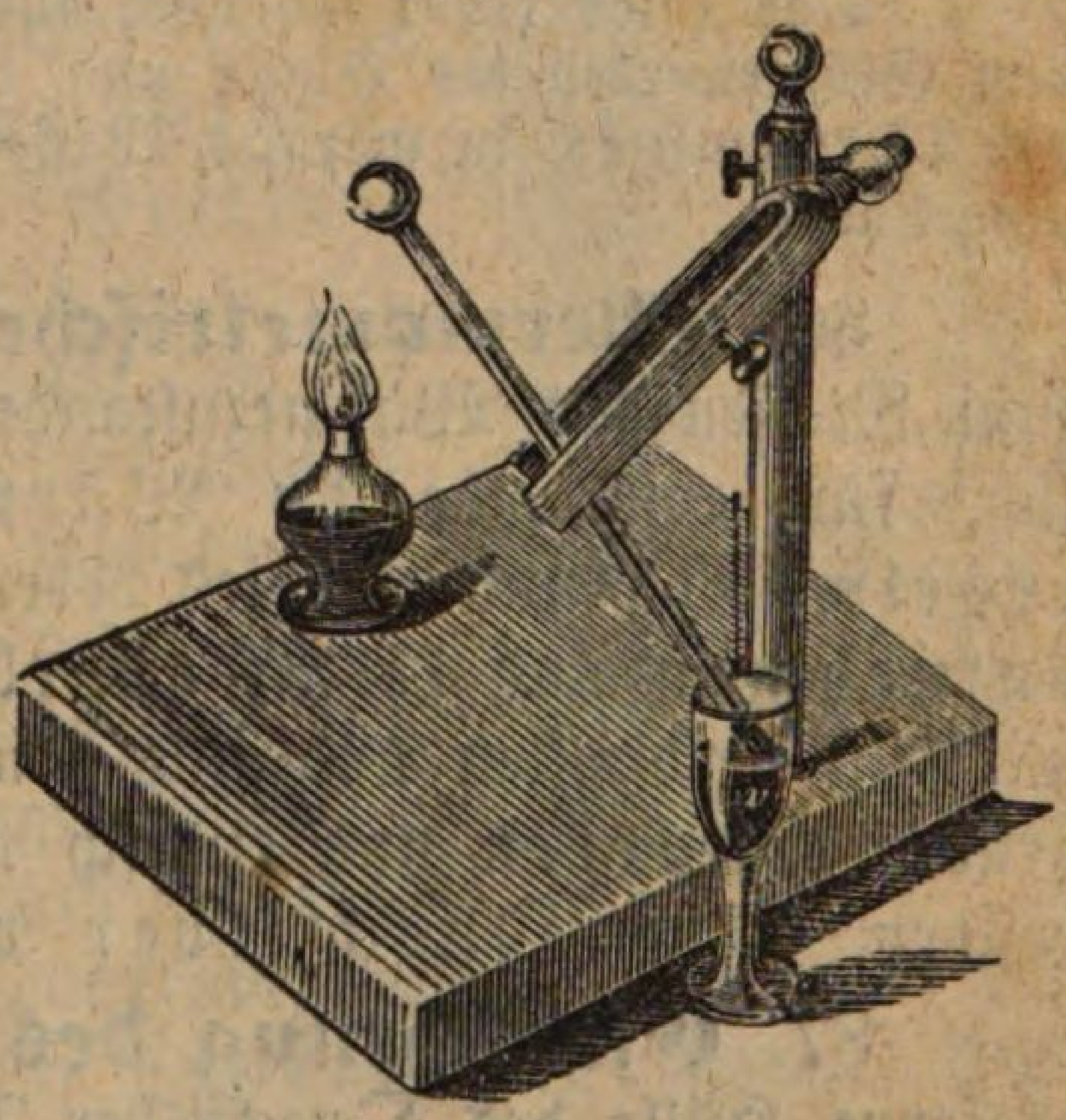


1. Magdeburger Kugeln. Schafft man (Fig. 37) aus den beiden, luftdicht aneinanderliegenden, hohlen Kugelabschnitten die Luft weg, so hält der äußere Luftdruck die Kugelabschnitte so gegen einander, daß mehrere, nach entgegengesetzten Richtungen ziehende Personen sie nicht auseinander bringen.

2. Quecksilberregen. Entfernt man (Fig. 38.) aus dem Glase die Luft, so preßt der äußere Luftdruck Quecksilber durch die Poren des Holzes.

3 Der einseitige Luftdruck zersprengt eine gespannte, trockene Thierblase (Fig. 39).

Fig. 40.



4. Sehr enge Röhren gestatten das Einfüllen einer Flüssigkeit auf gewöhnliche Weise nicht. Der erste Tropfen verschließt die enge Oeffnung und die Luft kann aus dem Canale nicht entweichen. Man taucht daher (Fig. 40) das offene Ende des Röhrchens unter die Flüssigkeit. Erwärmt man die Kugel, so dehnt sich die darin befindliche Luft aus und entweicht in Bläschen. Wenn die Kugel erkaltet, so zieht sich die Luft wieder zusammen. Aus v steigt dann, vermöge des Luftdruckes, die Flüssigkeit in die Röhre und Kugel.

5. Wirft man in eine Maaßflasche einen brennenden Streifen Papier und schließt sehr bald darauf ihre Mündung mittelst eines geschälten, halbharten Eies; so wird nach einiger Zeit das Ei von der Luft in die Flasche gedrückt; wie so?

82. **Veränderlichkeit des Luftdruckes.** Durch geeignete Luftdruckmesser hat man gefunden: Die Größe des Luftdruckes verändert sich an einem und demselben Orte sehr oft innerhalb gewisser Grenzen; ferner, der Luftdruck wird in größeren Höhen, auf Bergen u. s. w. kleiner.

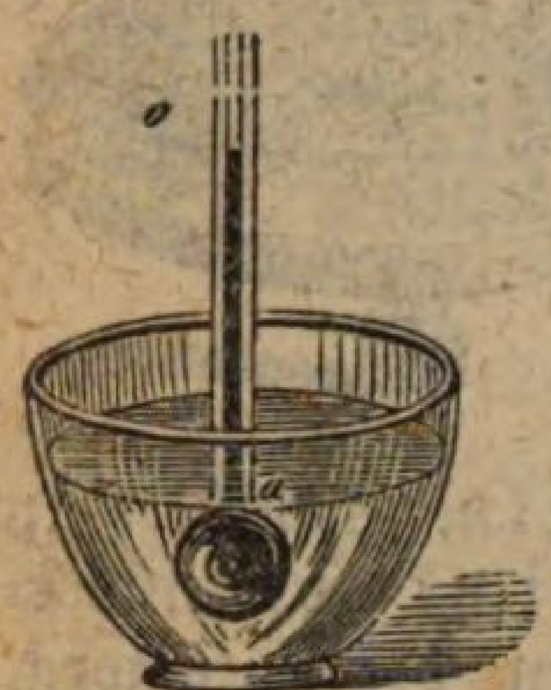
83. **Druck Einer Atmosphäre.** Der Druck der Luft beträgt nahe 1 Kilogramm auf 1□ Centimeter (12½ Pfund auf 1□″) und derselbe heißt „Druck einer Atmosphäre.“ Hat man irgend eine Kraft, welche einen Druck von 2, 3, 4, Kilogramme auf 1□ Centimeter ausübt, so sagt man, sie wirkt mit 2, 3, 4, 5 Atmosphären.

So viele Quadratcentimeter die Oberfläche eines Körpers enthält, so viele Kilogramme hat er zu tragen. Es läßt sich nun berechnen, daß an einander-liegende sehr große (1 Meter Durchm.), luftleere magdeburgische Halbkugeln (Fig. 37) selbst von je 12, nach entgegengesetzten Seiten ziehenden Pferden nicht getrennt werden konnten. Otto Guericke's Versuche in Regensburg 1654.

84. **Der Luftdruck wird von uns nicht empfunden,** weil ihm die, im menschlichen Körper vorhandenen Gase und tropfbaren Flüssigkeiten mit gleicher Stärke entgegenwirken.

85. **Princip des Quecksilberthermometers.** Taucht man (Fig. 41) die Kugel des gläsernen, mit Quecksilber gefüllten Geräthes in warmes Wasser, so wird das Quecksilber erwärmt, mithin ausgedehnt, was man an dem Steigen des Quecksilbers im sehr engen Röhrchen erkennt.

Fig. 41.



Wird die Kugel kalt, so zieht sich das Quecksilber wieder zusammen und sinkt daher im Röhrchen.

Man sieht, daß eine derartige Vorrichtung, wenn sie mit einer passenden Theilung (Scale) versehen ist, zum Messen des Wärmezustandes jener Körper dienen könne, mit welchen man sie in Berührung bringt.

Ein jedes Instrument, welches zum Messen des Wärmezustandes der Körper dient, heißt Thermometer. Ist dabei (Fig. 41) die Ausdehnung des Quecksilbers die Hauptsache, so heißt es Quecksilberthermometer.

Das Glas dehnt sich auch aus, und man nimmt nur den Unterschied zwischen dem Größerwerden des Glases und des Quecksilbervolumens wahr. Beim Eintauchen des Thermometers in warmes Wasser sinkt anfangs das Quecksilber; warum? Und umgekehrt?

86. **Thermometrische Substanz** heißt jeder Stoff, welcher zum Messen des Wärmezustandes tauglich ist. Eine solche Materie soll sich, für eine gleiche Wärmezufuhr, um ein Gleiches, mithin regelmäßig und überdies bedeutend ausdehnen; sie muß die Wärme leicht aufnehmen und leicht abgeben; sie darf erst bei höherem Wärmegrade merklich verdunsten und in's Sieden kommen und erst bei tieferen Wärmegraden erstarren und endlich muß sie eine leicht wahrnehmbare Färbung besitzen. Das Quecksilber vereinigt die meisten dieser Eigenschaften.

87. **Einrichtung des Quecksilber-Thermometers.** Die gläserne Hülle des Quecksilber-Themometers (Fig. 44) besteht aus einem weitern Gefäße (Kugel oder Cylinder) und aus einem, im Innern überall gleich engen, oben geschlossenen Röhrchen. Das Quecksilber wurde mittels Luftdruckes in das enge Röhrchen gepreßt. Damit das Quecksilber bei seiner Ausdehnung auf keinen Widerstand stoße, wurde das Thermometer luftleer gemacht. Endlich wurde es noch mit einer, für alle Thermometer übereinstimmenden Theilung versehen. Um diese zu erhalten, mußten zwei unveränderliche, für jedes Thermometer giltige Punkte, zwei Haupt- oder Fundamentalpunkte, gesucht werden.

88. **Die Fundamentalpunkte und der Fundamentalabstand der Thermometer.** Um den einen der zwei Hauptpunkte zu finden, taucht man (Fig. 42) die Kugel des Instrumentes in schmelzende

Eisstückchen. Die Höhe des Quecksilbersäulchens im Instrumente ändert

Fig. 42

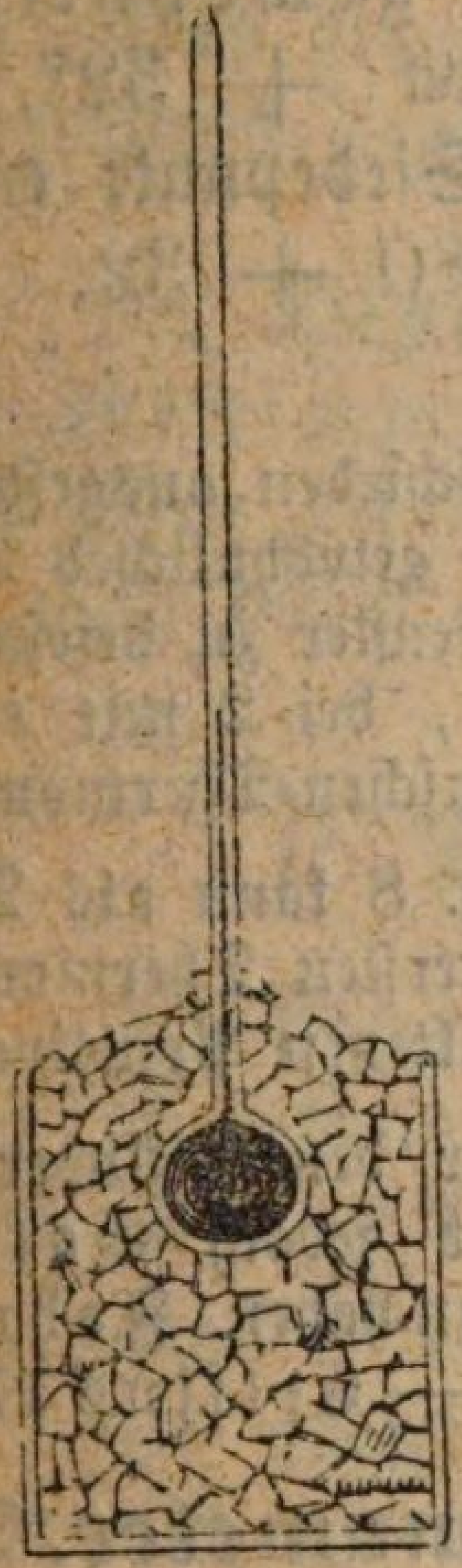


Fig. 43.

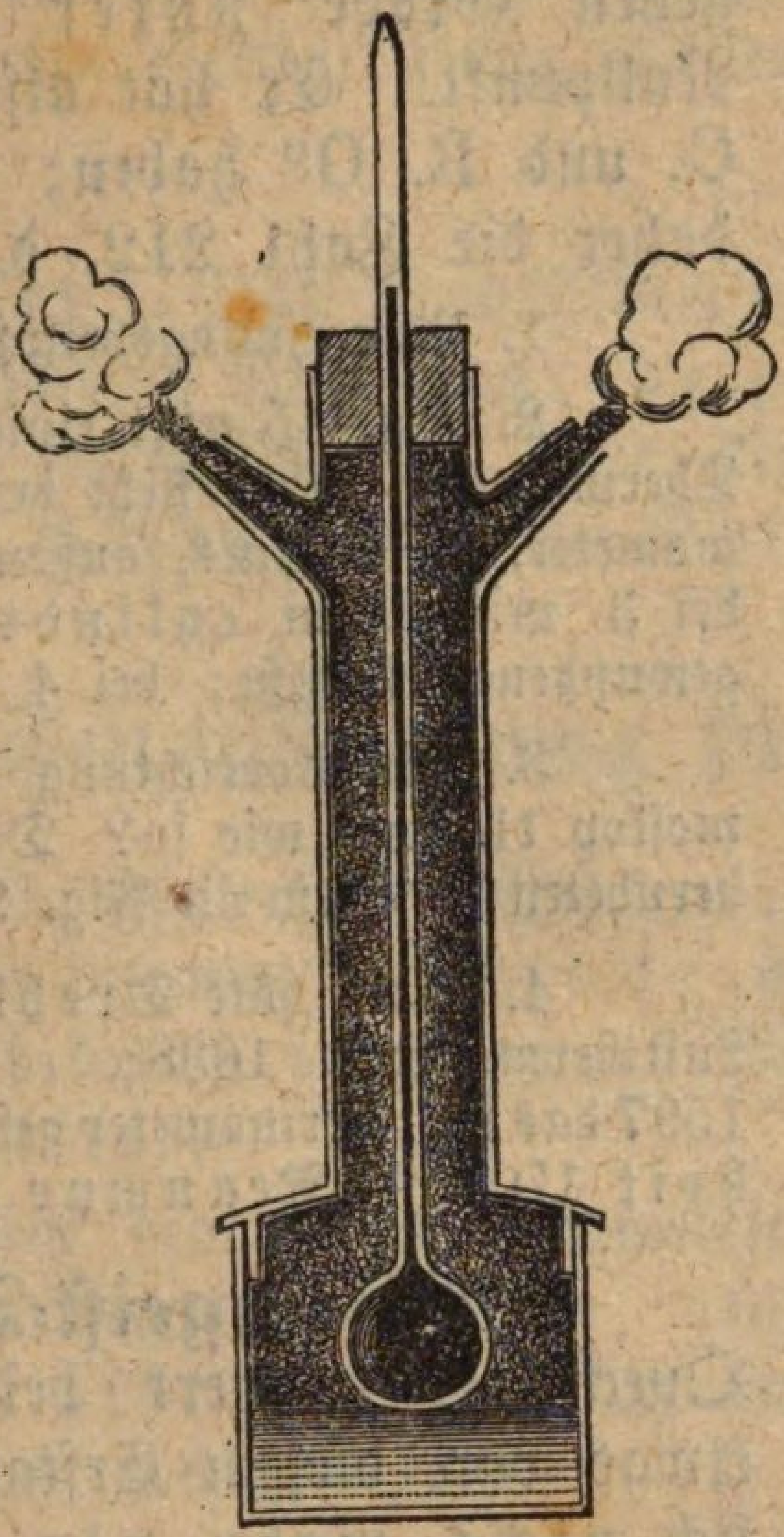
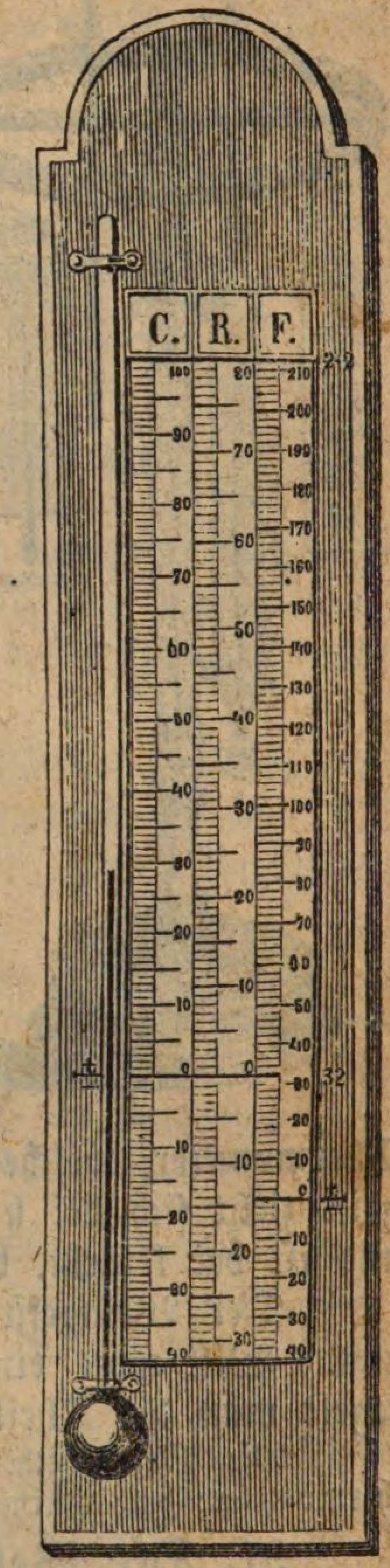


Fig. 44.



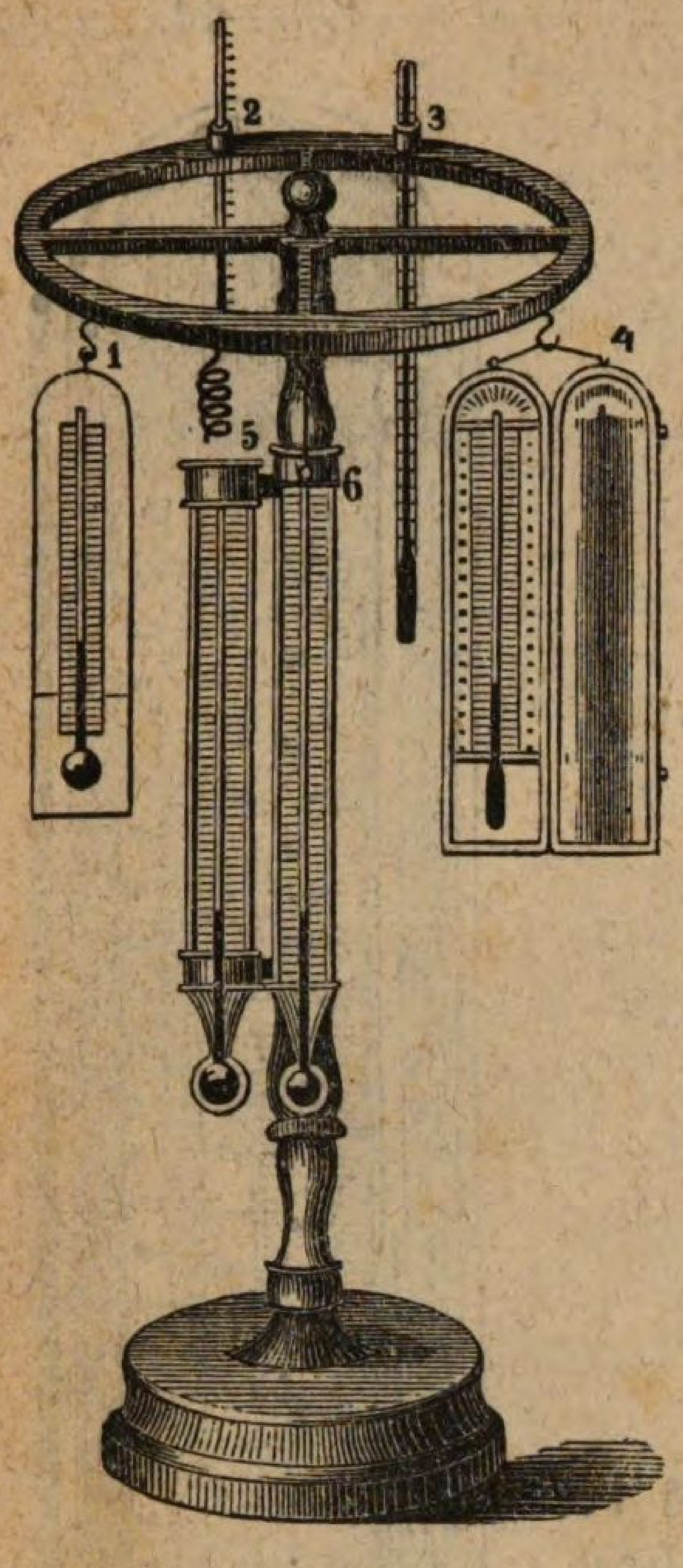
sich in Folge dessen — bald jedoch bleibt es bei einem gewissen Punkte *unverändert stehen*. Dieser *Hauptpunkt* heißt *Eis-* oder *Gefrierpunkt*. Er wird am Röhrchen angemerkt.

Hierauf bringt man das Instrument in ein Gefäß (Fig. 43), in welchem chemisch reines Wasser bis zum Sieden erhitzt wird. Die entstehenden Dämpfe füllen das Gefäß und haben den *nämlichen Wärmegrad wie das siedende Wasser an seiner Oberfläche*, welche von der Kugel des Instrumentes nur *berührt* wird. Während der Erwärmung des Wassers sieht man das Quecksilbersäulchen *steigen*. Beim Sieden endlich bleibt es bei einem Punkte *unverändert* stehen. Dieser Fundamentalpunkt heißt *Siedepunkt*. Er wird ebenfalls am Glase angemerkt.

Die Entfernung des *Eispunktes* vom *Siedepunkte* nennt man den *Fundamentalabstand*.

89. **Die gewöhnlichsten Theilungen der Thermometer.** Heutzutage theilt man (Fig. 44) den *Fundamentalabstand* entweder nach *Celsius* (C) in 100, nach *Reaumur* (R) in 80 oder nach *Fahrenheit* (F) in 180 gleiche Theile oder *Grade*, und trägt solche Grade auch unterhalb des Eispunktes auf. Die Grade *über* dem Nullpunkte heißen bei jedem Thermometer *Wärmegrade* (+), jene *unter* dem Nullpunkte *Kältegrade*.

Fig. 45.



Fahrenheit verlegte bei seinem Thermometer den Nullpunkt noch 32 seiner eigenen Grade unter den gewöhnlichen Nullpunkt. Er hat also schon + 32°, wo C. und R. 0° haben; sein Siedepunkt erhält daher die Zahl 212, d. i. 180 + 32.

1. Umrechnungsbeispiele.

2. Fig. 45 zeigt einige, verschieden ausgestattete Thermometer. Man sieht bei 1 ein gewöhnliches Thermometer, bei 5 eines, außen am Fenster zu befestigen; bei 3 mit einem cylindrischen, bei 2 mit einem gewundenen Gefäße; bei 4 ein Taschen-Thermometer.

3. Die Vorrichtung in Fig. 8 kann als Thermoskop dienen; wie so? Die allerersten Thermometer beruheten auf dem in Fig. 9 enthaltenen Principe.

4. Man hält Drebbel für den Erfinder des Luftthermoskopes 1638; es scheint jedoch Galilei 1597 das Luftthermometer gefunden zu haben. Fahrenheit 1709. — Reaumur 1730. — Celsius 1742.

90. **Weingeist-Thermometer.** Das Quecksilber gefriert bei — 40° C.; schon etwas vor diesem Erstarrungspunkte zieht es sich nicht mehr gleichmäßig zusammen. Ein Quecksilberthermometer kann daher nicht zur Bestimmung sehr hoher Kältegrade angewendet werden. Man wählt hiezu ein Thermometer, welches wasserfreien, gefärbten Weingeist enthält. Weingeist zieht sich bei hohen Kältegraden noch gleichmäßig zusammen und ist bei keinem, bisher bekannten Kältegrad erstarrt.

Der Weingeist dehnt sich über dem Nullpunkte ungleichmäßig aus. Will man ein Weingeistthermometer für Wärmegrade benützen, so regelt man die Theilung desselben nach einem Quecksilberthermometer.

Die Weingeistthermometer sind eine ältere Erfindung als die Quecksilberthermometer; jene wurden ehedem auch für Wärmegrade allgemein benützt.

91. **Die Bestimmung der Temperatur** der festen Körper geschieht, indem man sie mit der Thermometerkugel berührt und an der Scale den Quecksilberstand abliest.

Bei Flüssigkeiten, Dämpfen und Gasen taucht man das Thermometer in dieselben.

Im Freien hänge das Thermometer im Schatten (Nordseite), möglichst ab von Mauern und vom Boden; im geheizten Zimmer sei es vom Ofen, von den Fenstern, vom Boden und von der Decke möglichst gleich weit entfernt; es hänge nicht unmittelbar an der Mauer, sondern auf einem schlechten Wärmeleiter (§. 94), wo möglich, mittelst eines längeren Hakens, in der Luft, denn die Wärmegradmessung soll sich ja auf die letztere beziehen.

1. Umrühren der Flüssigkeiten vor dem Wärmegradmessen. Thermometer für Bäder, Brauer, Zuckersieder, Chemiker u. s. w. mit freier und geschützter Kugel.
2. Für die Bestimmung der inneren Erdwärme hat man Geothermometer.

92. **Die Ablesung am Thermometer** geschieht, wenn es eine loth- oder senkrechte Lage hat, aus nicht zu großer Nähe (warum nicht?), und erst, wenn das Quecksilber einen festen Stand angenommen hat. Das Auge muß in gleicher Höhe mit dem freien Ende des Quecksilberfadens liegen.

93. **Hitzemesser.** Das Quecksilberthermometer läßt sich nicht zur Bestimmung hoher Wärmegrade gebrauchen; denn sein Gang wird schon bei 360°C unregelmäßig. Für die Messung von Hitzegraden hat man daher einige Hitzemesser oder Pyrometer erfunden.

B. Die Fortpflanzung der Wärme.

94. **Gute und schlechte Wärmeleiter.** Körper, welche, bei ihrer Berührung mit wärmeren Körpern, die Wärme rasch aufnehmen und schnell durch ihre ganze Masse verbreiten, nennt man gute Wärmeleiter.

So geschwind sich die guten Wärmeleiter erwärmen, ebenso bald geben sie ihre Wärme an die nächste, kältere Umgebung ab. Die schlechten Wärmeleiter verhalten sich umgekehrt. Einen eigentlichen Nichtleiter der Wärme gibt es nicht.

1. Metalle sind die besten, Steine gute, Glasarten ziemlich schlechte Wärmeleiter. Irdene Gefäße, Erde, Asche, Kohle, Holz, Stroh, Heu, Haare, Wolle, Pelze, Flaumfedern und Schnee sind schlechte Wärmeleiter.

2. Die Metalle entreißen, als gute Wärmeleiter, der Hand in derselben Zeit mehr Wärme, als die schlecht leitenden Holzarten. Sie scheinen daher kälter als gleich warmes Holz.

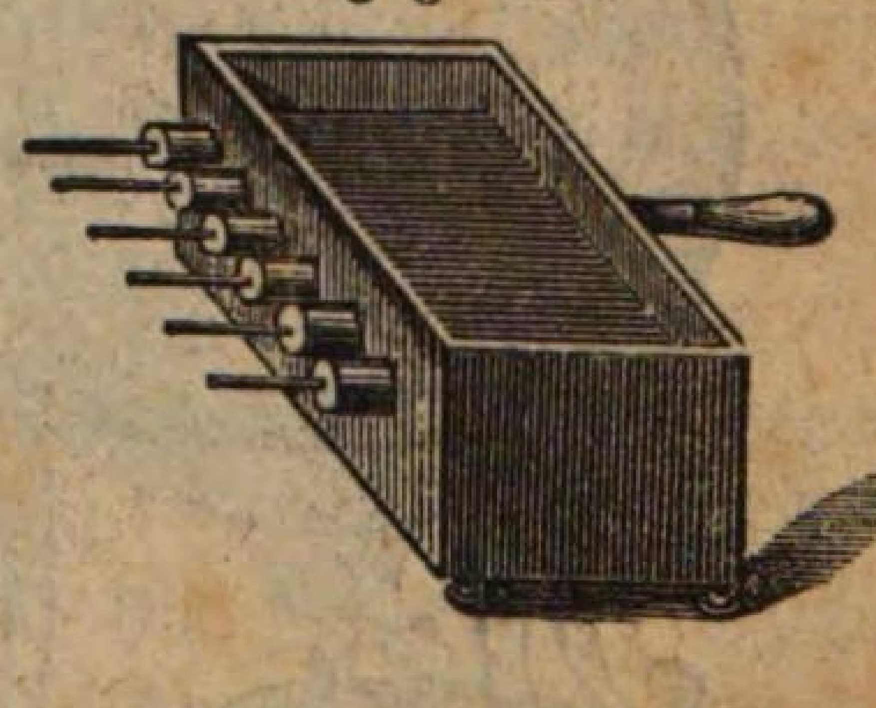
Fragen. 1. Wenn man bei sehr großer Kälte im Freien befindliches Metall anfaßt, so friert die Hand sogleich an; bei Holz ist dies nicht der Fall; warum nicht?

2. Welche Vorzüge und Nachtheile haben eiserne Oefen im Vergleiche mit thönernen? Und eiserne Kochgeschirre vor irdenen?

3. Warum springen Gläser, in die man plötzlich eine sehr heiße Flüssigkeit gießt? Warum geschieht dies seltener, wenn man vorher einen Löffel in dieselben legt? Was ist das verläßlichste Mittel dagegen? — Halten über warmen Wasserdunst u. s. w.

95. **Untersuchung der Wärmeleitungsfähigkeit der festen Körper.** Man überzieht verschiedene, gleich dicke und gleich lange Stäbchen in gleicher Weise mit Wachs und steckt sie (Fig. 46) in die Seitenwand eines blechernen Gefäßes, weches mit heißem Oel o. dgl. gefüllt ist. Das Wachs schmilzt um so früher und weiter ab, je besser die Materie eines Stäbchens die Wärme leitet.

Fig. 46.



1. Warum nimmt man nicht glühende Kohlen oder eine Flamme als Wärmequelle zu diesem, von Ingenhous (1784) stammenden Versuche?

2. Von den Metallen leitet Silber am besten die Wärme; dann folgen Kupfer (nahe $^3/_4$ verglichen mit Silber), Gold ($^1/_2$), Zink ($^1/_4$), Zinn ($^3/_{25}$) Eisen ($^1/_8$), Blei ($^1/_{12}$), Platin ($^1/_{12}$).

96. **Wärme-Isolatoren.** Einen guten Wärmeleiter mit lauter schlechten Wärmeleitern umgeben, heißt, ihn bezüglich der Wärmeabgabe isoliren. Die schlechten Wärmeleiter sind also Wärme-Isolatoren, d. h. sie sind tauglich, einen warmen Körper vor der Erkaltung und einen kalten vor der Erwärmung zu schützen.

1. Man trägt im Winter Pelze oder wollene Kleider, damit die innere Wärme des Körpers nicht entweichen kann. — Das Warmwerden in Federbetten.

2. Die Thiere in den heißen Gegenden haben eine sehr schüttere Behaarung oder wenige, flaumartige Federn; im kalten Norden verhält es sich in dieser Beziehung entgegengesetzt. — Bei uns bekommen die Thiere gegen den Winter dichteres Haar und dichteres Gefieder.

3. Erstarrte Menschen vergräbt man, bis auf den Mund und die Nase, im Schnee. Dadurch wird die Lebenswärme zurückgehalten. In Folge dessen erwärmen sich die Erstarrten. Rasche Erwärmung hingegen bewirkt Entzündung und Tod.

4. Eine dicke Schneedecke hält die Erdwärme zurück und schützt daher die Wintersaaten. — Schnee- und Eishütten der Eskimos.

Fragen. 1. Im Winter umgibt man Stadtbrunnen, Bäume, Steigebügel mit Stroh, den steinernen Fußboden der Kirchen belegt man mit Brettern; warum?

2. Hölzerne Handhaben der Kochgeschirre, Ofenthüren, Plätteisen etc. warum?

3. Bei den feuersicheren Cassen bringt man weit von einander stehende eiserne Wände an und füllt den Raum mit fein gesiebter Holzasche, Gyps- oder Magnesiastaub od. dgl. aus; warum? — Feuersichere Archive.

4. Man gibt den Hochöfen der Metallschmelzereien doppelte Mauern und füllt den Zwischenraum mit Asche, Schlackenstaub u. dgl. aus; warum?

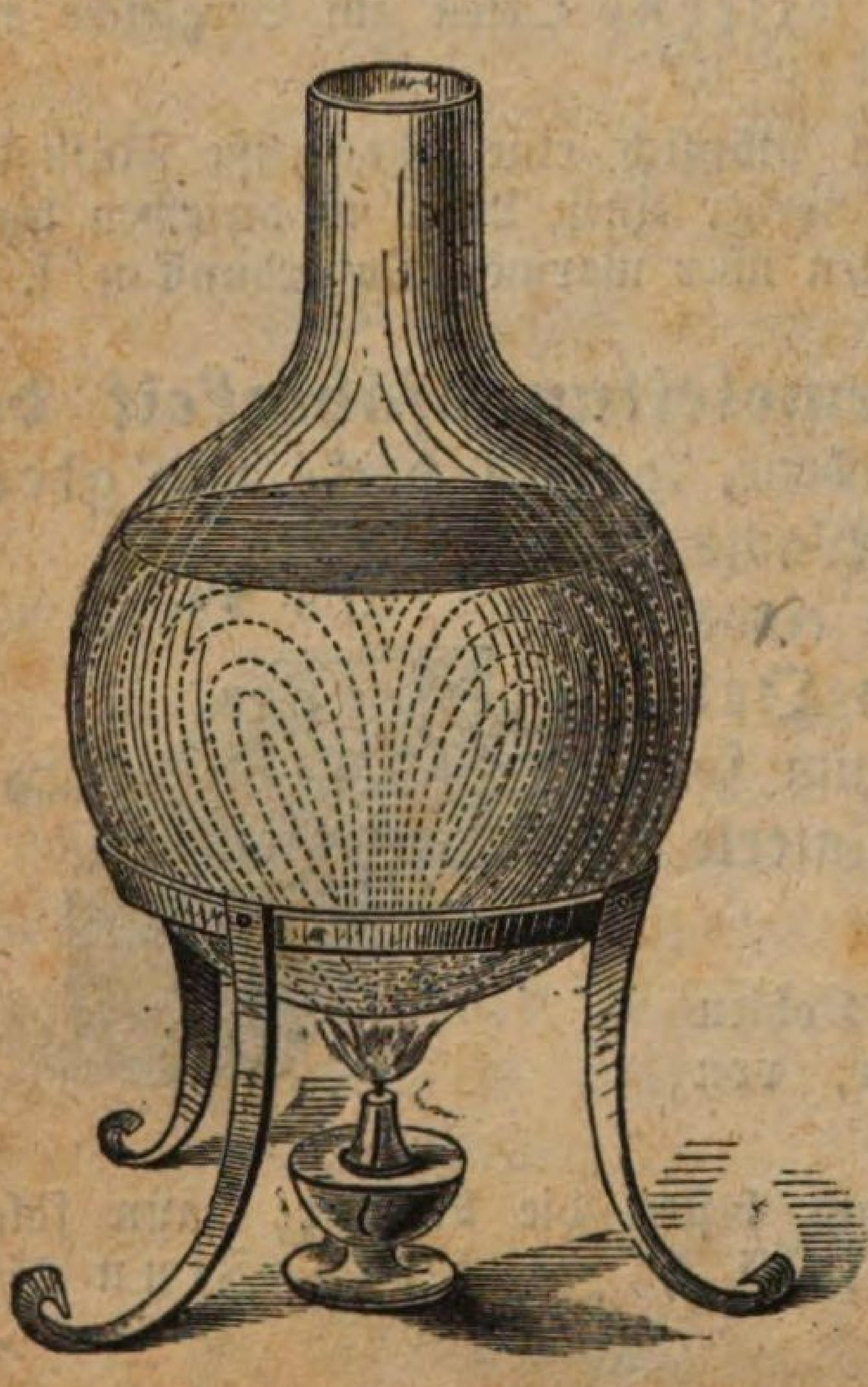
5. Die Dampfkessel und Dampfcylinder umschließt man mit schlechten Wärmeleitern; warum? — Die Oefen für Anfertigung glühender Kugeln.

6. Warum kleidet man die Eiskeller für den Sommer mit Holz und Stroh aus?

7. Die Eisapparate in Spitälern umgibt man mit schlechten Wärmeleitern und gepolsterten Deckeln (Zeichnung); warum? — Die neuen, allseitig gepolsterten Speisekörbe — Die Eisapparate in Bierhäusern. — Kann ein gutes Federbett zur Noth als Eisbewahrer dienen? Und als Wärmehälter?

8. Warum halten „Fäustlinge" die Hand wärmer als Fingerhandschuhe, die aus demselben Stoffe angefertigt sind? — Pelz-, Tuch- und Lederhandschuhe.

Fig. 47.



97. **Wärmeleitung der tropfbaren Flüssigkeiten.** Erwärmt man tropfbare Flüssigkeiten von unten, so werden zuerst die tiefsten Flüssigkeitstheilchen ausgedehnt und also minder dicht; sie steigen daher empor, während die kälteren, dichteren niedersinken. Sobald diese erwärmt sind, erheben auch sie sich und werden durch kältere ersetzt u. s. w. Vermöge dieser Strömung (Fig. 47) erscheinen die Flüssigkeiten sehr bald erwärmt.

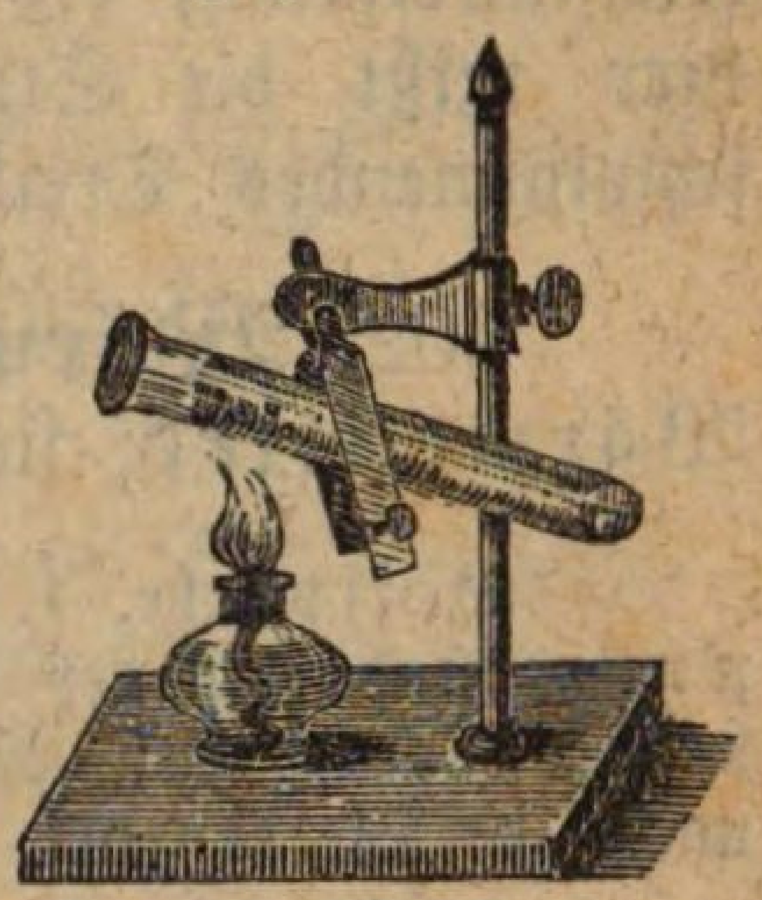
Diese Strömung wird ersichtlich, wenn man Bernsteinpulver in das zu erwärmende Wasser streut.

Wenn tropfbare Flüssigkeiten von oben erwärmt werden, so ist ihre Strömung unmöglich.

Die erwärmten Theilchen sind nämlich weniger dicht als die unteren, kälteren

und schwimmen daher auf diesen. Es zeigt sich dann, daß die Wärme sich nur sehr langsam nach unten verbreitet, daß also die tropfbaren Flüssigkeiten — mit Ausnahme des Quecksilbers und der geschmolzenen Metalle — schlechte Wärmeleiter sind.

Fig. 48.



1. Man befestige am Boden eines Glases ein Stück Eis, und fülle dann das Glas mit kaltem Wasser. Wird nun das Wasser von oben erwärmt, durch Aufgießen von heißem Oel, durch Anzünden von darauf schwimmenden Alkohol, Aether, oder Petroleum, oder durch Schiefhalten des Kochfläschchens (Fig. 48), so schmilzt das Eis nur unmerklich.

2. Ein Thermometer, welches seine Kugel am Boden eines mit kühlem Wasser gefüllten Glases hat, steigt, bei Erwärmung des Wassers von oben, nur um weniges.

3. Vermöge der Strömung durch die Wärme fließt das von oben erwärmte Wasser des Meeres von den äquatorialen Gegenden gegen die Pole, während das kältere Wasser von den Polen, in den unteren Schichten, gegen den Aequator zieht. In diesem kalten Wasser dringen die Seethiere der nördlicheren und südlicheren Zonen gegen den Aequator vor.

4. Dickflüßige Materien, z. B. Syrup, können nicht rasch in Strömung gerathen und — „brennen an“. Um dies zu verhüten, müssen sie umgerührt werden.

98. **Die Heizung mit heißem Wasser** beruht auf der Erwärmung des Wassers durch Strömung. Es erhebt sich aus dem Scheitel eines Kessels eine Röhre — die Steigröhre — welche an eine, durch die zu heizenden Oertlichkeiten laufende Röhrenleitung schließt. Letztere fällt allmälig ab und mündet in den Boden des Kessels.

Heizt man den Kessel, so geht das erwärmte Wasser in die Steigröhre. Das kältere, am unteren Ende der Röhrenleitung befindliche Wasser tritt in den Kessel an den Platz des emporgestiegenen Wassers. Es entsteht so eine kreisende Bewegung des Wassers.

Um dem heizenden Wasser viel Wärme zu entreißen, gibt man der Röhrenleitung eine große Oberfläche. Man wendet daher mehrere engere Röhren statt einer einzigen weiten an.

Die Heizung mittelst Wasser ist bisher, selbst bei großen Räumlichkeiten — z. B. in Kirchen, Schulen, Spitälern, Theatern — wegen ihrer Langsamkeit nur selten, hingegen in den Glas- und Treibhäusern der Gärten recht oft angewendet. Die Heizung mittels Dampfes ist der Wasserheizung ähnlich eingerichtet; sie wirkt viel rascher und empfiehlt sich für mit Dampf arbeitende Fabriken besonders, warum?

99. **Erkaltung der Flüssigkeiten.** Bei Flüssigkeiten erkalten die obersten Theilchen zuerst, sinken, weil sie dichter sind, gegen den Boden, während wärmere, also minder dichte Theilchen sich erheben. Und so erkaltet die ganze Masse durch Strömung.

100. **Größte Dichte des Wassers bei + 4°C.** Ist beim Wasser der Wärmezustand der ganzen Masse auf + 4°C. herabgekommen, so erreicht es seine größte Dichte, und die Strömung hört auf. Erkaltet die obere Schichte unter + 4°C., so fängt sie an, sich wieder auszudehnen, und sinkt nicht mehr zu Boden. Bei fortdauernder Abkühlung bildet sich endlich eine Eisdecke.

Diese Eisdecke läßt die Wärme des Wassers nicht nach außen dringen und schützt so das Leben der Wasserthiere. — Luftlöcher für die Fische.

101. **Grundeis.** In sehr rasch strömenden Gewässern wird das Wasser durch die mechanische Strömung gemischt und die erste Krystallbildung des Eises beginnt an dem Boden und an den Ufern. Von hier reißt die Strömung das Grundeis nach oben. Es bildet sich schwimmendes Treibeis, welches zur Eisdecke wird.

102. **Wärmeleitung der Gase.** Die Gase sind schlechte Wärmeleiter; sie erwärmen sich nur durch Strömung schnell.

Beispiele. 1. Die Strömung der Luft, welche in einem Zimmer von unten und von der Seite erwärmt wird, weist man vermittels der Drehung sehr leichter, papierener Windflügel eines auf dem geheizten Ofen stehenden Rädchens nach. — Die tanzende Schlange, der Holzschneider u. s. w. beruhen hierauf.

2. Nun ist klar, warum in einem geheizten Zimmer die Luft an der Decke immer um einige Grade wärmer als jene am Fußboden ist; ferner, warum hoch angebrachte Hänge-Oefen schlechter als tiefer stehende Oefen heizen.

3. Bestimmung der Temperatur bei Heizproben an vielen Orten des Zimmers, als: bei dem Ofen, bei den Fenstern, nahe am Boden, nahe der Zimmerdecke, in der Mitte des Zimmers u. s. w. Das Mittel aus den Beobachtungen.

4. Abgesperrte Luftschichten, wenn sie nicht von unten oder von der Seite erwärmt werden können, lassen sich als Wärme-Isolatoren benützen. Die Doppelfenster im Winter halten die Stube warm; wie so?

5. Wenn der Müller merkt, sein Bach beginne sich mit Eis zu bedecken, so „schwellt“ er das Wasser bis sich eine Eisdecke gebildet hat. Hierauf läßt er das Wasser ab und erhält unter dem Eise laufendes, also das Rad treibendes Wasser.

103. **Meißner'sche Luftheizung.** Um den, bei der gewöhnlichen Heizung für die verschiedenen Orte des Zimmers sich ergebenden Wärmeunterschied auszugleichen, muß man eine stärkere Strömung hervorrufen. Dies geschieht bei der Meißner'schen Luftheizung auf folgende Weise:

Man umgibt den Ofen, in einem weiteren Abstande, mit einem gemauerten oder metallenen Mantel, welcher oben offen und unten mit Oeffnungen versehen ist.

Heizt man den Ofen, so erwärmt sich die, zwischen ihm und dem Mantel enthaltene Luft. Letztere wird dadurch ausgedehnt und steigt zur Zimmerdecke. An ihre Stelle tritt nun die kältere Luft vom Boden durch die unteren Oeffnungen. Auf die Weise durchzieht die kalte Luft des Zimmers den Raum zwischen dem Ofen und dem Mantel und erwärmt sich gleichmäßiger als bei der gewöhnlichen Heizung.

Aehnliche Erscheinungen: 1. Bei den Schornsteinen, Lampengläsern, Argand-Lampen und Argand-Dochten u. dgl. entweicht oben die erhitzte Luft, während unten die kalte durch das Feuer zieht. Der Luftzug in den Essen wird um so stärker, je höher der Wärmezustand in denselben, verglichen mit jenem der äußeren Luft, ist. — Ventilation im Kleinen und Großen.

2. Der Zug, mithin die Höhe und Weite des Schornsteines müssen im rechten Verhältniß zur Größe der Feuerung stehen. Warum hat man bei Fabriken mit Dampfmaschinen so hohe Essen? Ihr erster Zug wird mit Strohfeuer bewirkt.

3. Im Winter strömt bei einer nur sehr eng geöffneten Thür die äußere kalte Luft unten an der Spalte in das geheizte Zimmer, während die warme Luft oben nach dem kalten Raume entweicht. Gegen die Mitte der Spalte findet gar keine Luftbewegung statt. — Nachweis mittels Kerzenflammen.

4. Die spitze Gestalt der Flamme entspringt aus dem Aufsteigen der heißen Gase und aus dem seitlichen Zuströmen der Luft; wie dies?

5. Die Flammen, Rauchsäulen, Goldblattstreifen und leichten Pendelchen eignen sich besonders gut zum Studium minder auffallender Luftbewegungen. — Flammen empfindlich für die Schallwellen.

104. **Meißners Luftheizung im Großen.** In einer feuerfesten Kammer wird die Luft stark erhitzt. Aus den oberen Theilen dieser Heizkammer strömt die Luft durch feuersichere Canäle in die zu erwärmenden Zimmer, aus welchen die kalte Luft durch andere Röhren in die Heizkammer kommt.

1. Diese Luftheizung eignet sich für Kirchen, Schulen, Spitäler und Theater. Die heiße Luft strömt über Wasser, um Wasserdunst aufzunehmen; warum? — Wasserschalen auf Heizöfen.

2. Meißner hat 1822 die schon im Alterthum und besonders im Mittelalter bekannte Heizmethode wieder in Aufnahme gebracht.

105. **Winde** sind ein Hinfließen der kälteren Luft nach einem wärmeren Orte im Freien. Je größer der Wärmeunterschied beider Orte ist, desto heftiger weht der Wind.

Ueber die Winde s. Schluß dieses Buches. — Luftzug bei Feuersbrünsten.

106. **Wärme-Capacität.** Verschiedenartige Körper benöthigen je andere Wärmemengen, um auf den nämlichen Wärmegrad gebracht zu werden. Die Wärmemenge, die ein Kilogramm eines Körpers braucht, damit sein Wärmezustand um einen Grad Celsius steige, heißt seine specifische Wärme oder seine Wärme-Capacität.

1. Die Wärme-Capacität des Wassers ist am größten und wird als Einheit angenommen. Die Wärme-Capacitäten der anderen Stoffe sind daher echte Brüche.

2. Wenig kaltes Wasser vermag viel heißes Quecksilber bedeutend abzukühlen, weil ersteres viel Wärme verschluckt, die es dem Quecksilber entreißt.

3. Wegen ihrer großen Wärmecapacität sind die Gewässer mächtige Vorrathskammern von Wärme. Sie geben in der Nacht Wärme an die Atmosphäre, nachdem der Erdboden, dessen Wärmecapacität nur etwa $1/4$ von jener des Wassers beträgt, unter die Temperatur der Atmosphäre erkaltet ist.

4. Jetzt erklären sich auch die Luftströmungen, welche Nachts vom Lande nach dem Meere stattfinden und der mildernde Einfluß, den die Meere auf das Klima der angrenzenden Länder üben.

5. Die Metalle, z. B. Quecksilber, fühlen sich kälter an als Holz, weil sie, als gute Wärmeleiter, der Hand die Wärme rascher als das Holz entziehen; jene brauchen jedoch viel weniger Wärme als dieses, um endlich die Temperatur der Hand zu besitzen.

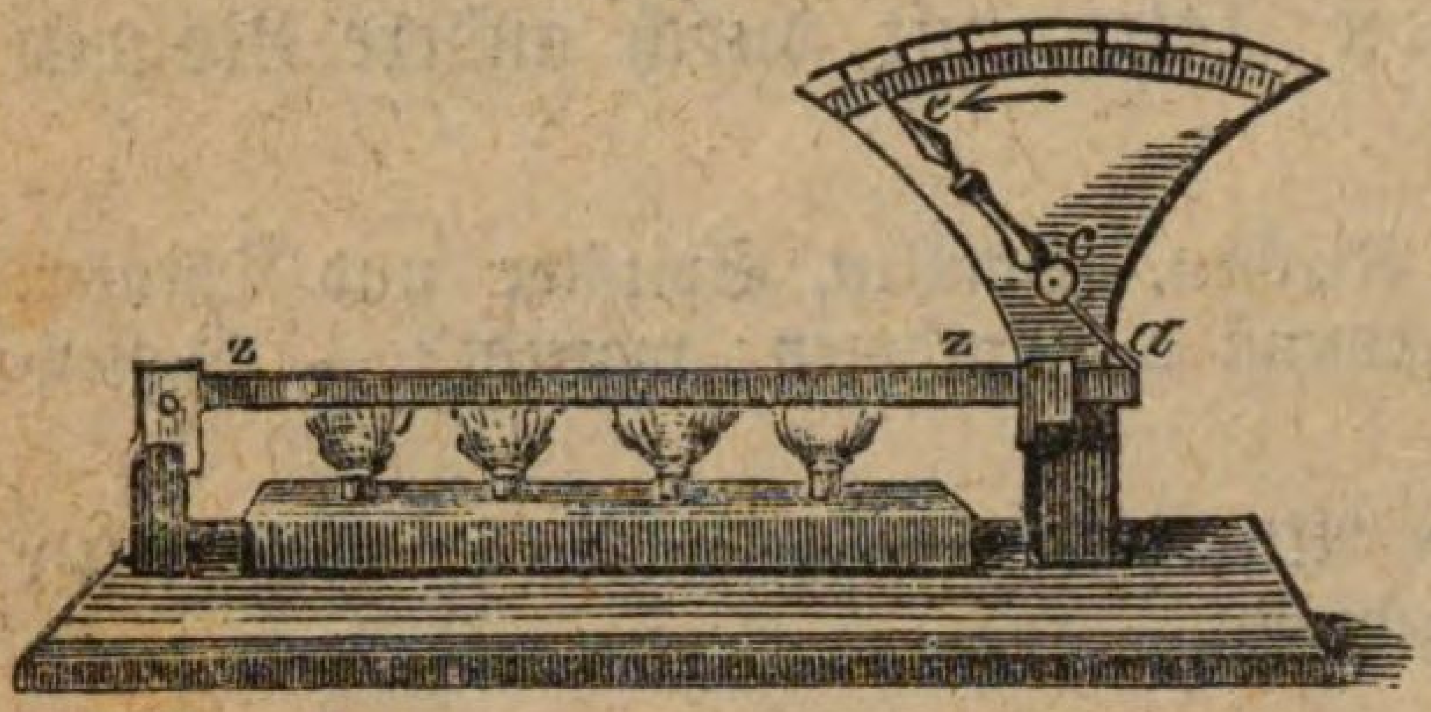
6. Alle Metalle haben nur eine geringe specifische Wärme und Wärmecapacität. Eine kleine Wärmemenge kann folglich schon ihre Temperatur merklich erhöhen; daher eignet sich auch Quecksilber zur thermometrischen Substanz.

7. Wenn man gleiche Mengen Quecksilber und Wasser gleichzeitig in dasselbe Wärmebad bringt, so braucht das Wasser viel mehr Zeit, um der Temperatur des Wärmebades nahe zu kommen, als das Quecksilber; warum? Es kühlt auch langsamer aus; warum?

C. Die Ausdehnung der Körper durch die Wärme.

107. **Die festen Körper** dehnen sich, bei gleicher Erwärmung, je nach ihrer materiellen Beschaffenheit, in ungleichem Grade aus. Ihre lineare Ausdehnung wächst, in der Regel, zwischen dem Eis- und Siedepunkte in demselben Verhältnisse wie die Wärmezunahme. — Beispiele. Bei der Erwärmung über 100° C. wächst die Ausdehnung stärker als die Wärme.

Fig. 49.



1. Der in Fig. 49 dargestellte Apparat dient dazu, die Ausdehnung der festen Körper durch die Wärme zu zeigen und, wenn die Flammen durch ein Wärmebad ersetzt werden, zu messen. — Tabellen für die Ausdehnung durch die Wärme.

2. Man kann auch an demselben Apparate nachweisen, wie sehr verschieden sich, bei ganz gleichem Wärmezufluß, zweierlei Metalle, z. B. ein Zink- und ein Eisenstab, ausdehnen. Der raschere Gang des zum Zink gehörigen Zeigers läßt auf die stärkere Ausdehnung des Zinkes schließen.

108. **Scheinbare Ausnahmen zur Ausdehnung durch die Wärme.** Thon enthält viel Wasser, welches in der Wärme gasförmig entweicht oder verdunstet, er zieht sich daher zusammen, er schwindet. Die eigentliche Thonmaterie jedoch hat sich in der Wärme ausgedehnt.

Ebenso verhalten sich viele feste Stoffe, z. B. Leder, Holz, Früchte, 2c., welche Wasser in der tropfbaren Form besitzen.

Wird durch die Erwärmung das krystallinische Gefüge eines Körpers aufgehoben, z. B. beim Schmelzen des Eises, Eisens, Wismuths u. dgl. m., so rücken die Körpertheilchen einander näher. Es nimmt daher der Rauminhalt solcher Körper beim Schmelzen ab und ihre Dichte zu.

Sobald die eben erwähnten Körper beim Erkalten erstarren, dehnen sie sich wieder aus.

1. Das Wasser bietet auch eine Ausnahme zum Ausdehnungsgesetz (§. 100). Das Eis nimmt den Kältegrad der äußeren Luft an, zieht sich dann mehr zusammen und wird immer härter. — Steinhartes Eis im hohen Norden.

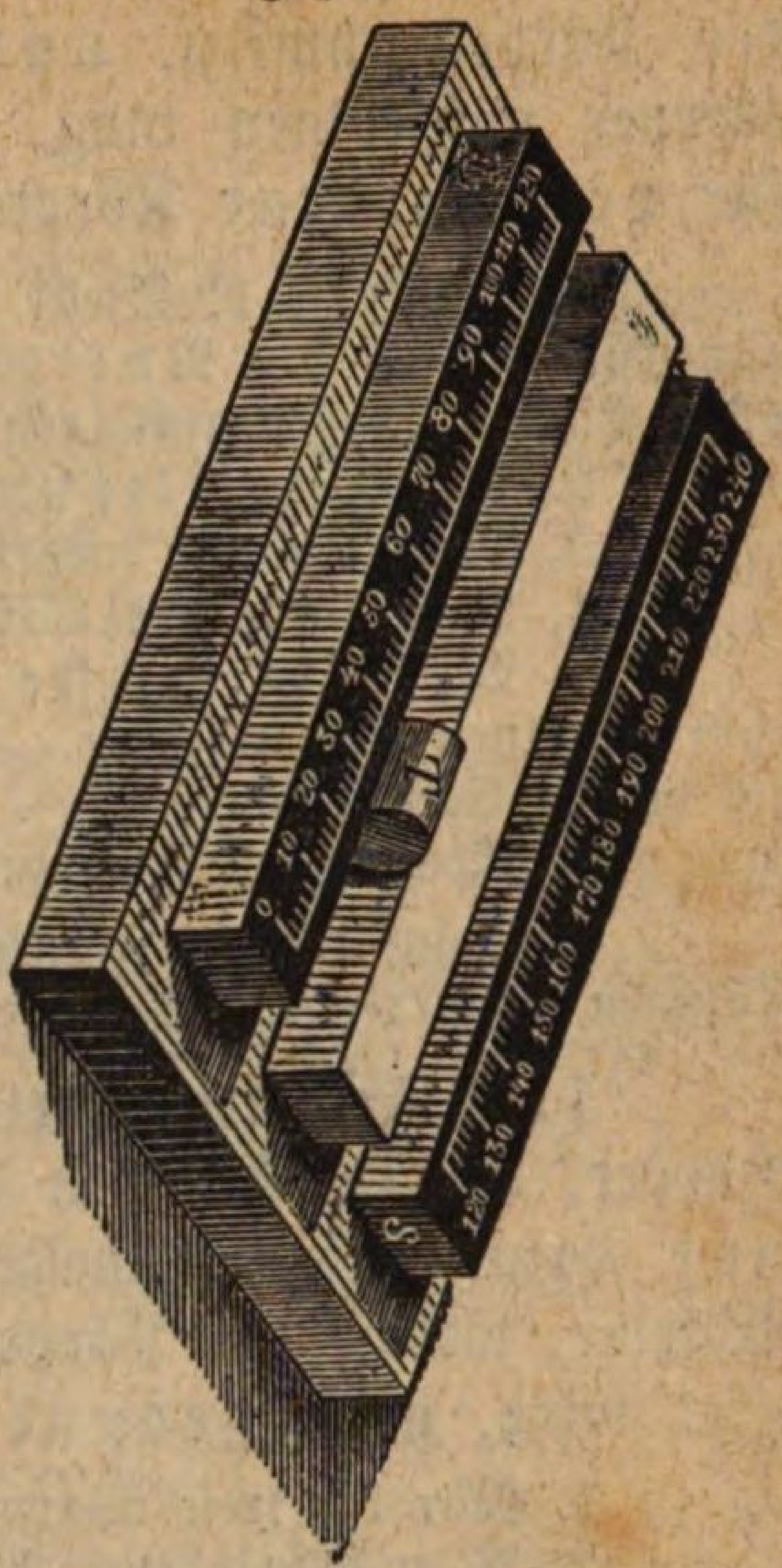
2. In der Kälte zerreißen Bomben, welche Wasser enthalten; ebenso Bäume.

3. Lockerung des Bodens durch Ausfrieren, Zersprengung von Felsen durch Erstarren des Wassers in den Spalten, Rissen und Fugen.

4. Warum schwimmt das Eis auf dem Wasser?

109. **Der Hitzeanzeiger oder das Pyroskop** von Wedgewood. Ein Thoncylinder (Fig. 50) nimmt in einem Schmelzofen

Fig. 50.



den hier herrschenden Hitzegrad an und schrumpft zusammen. Je tiefer er dann zwischen die zusammenlaufenden Leisten hinabsinkt, desto bedeutender war die Hitze in dem Ofen. Eine Theilung gibt die Hitzegrade an. Dieses Instrument ist wenig zuverlässig.

1. Die Thon-Cylinder werden in Cornwallis eigens bereitet.
2. Nach neueren Berechnungen wäre 1^0 Wedgewood nahezu = 36^0 C.; nach älteren fast 72^0 C. — so unsicher ist dieses 1782 erfundene Instrument.

110. **Die tropfbaren Flüssigkeiten** dehnen sich durch die Wärme stärker als die festen Körper und, je nach der materiellen Beschaffenheit, in ungleichem Grade aus. — Beispiele. — Ja selbst zwischen 0^0 und 100^0 wächst ihre Ausdehnung nicht in dem nämlichen Verhältnisse wie die Wärmezunahme.

Nur wenige Flüssigkeiten, wie das Quecksilber, dehnen sich bis 100^0 C. und darüber regelmäßig aus.

111. **Die Gase** dehnen sich viel stärker als die tropfbaren Flüssigkeiten aus; ihr Rauminhalt, sie mögen materiell noch so verschieden sein, wächst für je einen Wärmegrad nahezu um ein Gleiches.

Diese Ausdehnung steigt stets in demselben Verhältnisse wie die Wärmezunahme.

1. Eine schlaffe, verschlossene Blase schwillt rasch an, wenn sie erwärmt wird.
2. Wird ein Gas von 0^0 C. auf $1^0, 2^0, 3^0, \ldots n^0$ C. erwärmt, so dehnt es sich um $\frac{1}{273}, \frac{2}{273}, \frac{3}{273}, \ldots \frac{n}{273}$ seines Rauminhaltes aus.

112. **Die gehinderte Ausdehnung der Gase** bewirkt, daß ihre Spannkraft in demselben Verhältnisse zunimmt, in welchem sie sich sonst ausgedehnt hätten.

Diese Spannkraft kann durch Erwärmung so gesteigert werden, daß sie sich zur Bewegung von Maschinen benützen läßt. Hierauf beruhen die kalorischen Maschinen, bei welchen eine abgesperrte und erhitzte Luft- oder Gasmenge die bewegende Kraft liefert. — Explosionsmaschinen.

D. Das Schmelzen und Verdampfen.

113. **Schmelzen.** Viele feste Körper, wenn man sie entsprechend erwärmt, werden tropfbar flüssig, sie schmelzen.

114. **Schmelzpunkt.** Man beobachtet mit Hilfe eines Thermometers, daß beim Schmelzen eines Körpers jedesmal sein Wärmezustand bis zu einem gewissen Punkte steigt, bei welchem der Körper erst tropf-

bar flüssig zu werden beginnt. Dieser Wärmegrad bleibt, während der Körper schmilzt, unverändert, wie viel Wärme auch ferner der Körper aufnehmen mag, und heißt sein Schmelzpunkt. Derselbe ist für verschiedene Körper ein anderer.

Beispiele. 1. Stellt man ein Thermometer in zerkleinertes Eis, so wird das Quecksilber bald den Nullpunkt gewinnen. Bei diesem bleibt es unverändert, bis alles Eis zu Wasser geworden ist.

2. Der Schmelzpunkt des Quecksilbers ist —39°C; jener des Eises 0° C.

3. Materien mit niedrigem Schmelzpunkte heißen leichtflüssig, z. B. Siegellack.

4. Packete für den Orient dürfen nicht mit Siegellack geschlossen sein; warum?

5. Metallgemische haben nicht selten einen niedrigeren Schmelzpunkt als ihre einzelnen Bestandtheile. — Leichtflüssige Metallgemische. — Vexirlöffel, welche im heißen Caffé schmelzen. — Metalle, welche vor dem Schmelzen weich werden, nennt man schweißbar. — Eisenschmieden.

6. Beim Löthen kittet man schwer schmelzbare Metalle mittels eines leichtflüssigen, erstarrenden Metallgemisches an einander. — Weiches und hartes Loth.

115. **Gebundene Wärme beim Schmelzen.** Bei einem Körper, der zu schmelzen beginnt, dient alle ferner ihm zugeführte Wärme nur dazu, das Schmelzen zu unterhalten und zu beschleunigen. Die Wärme, welche ein Körper aufnimmt, ohne daß seine Temperatur gesteigert wird, heißt gebundene oder latente Wärme.

1. Nur die freie Wärme kann von einem Thermometer angezeigt werden.

2. Man bringe eine Bleikugel in einer anschließenden, dünnen Papierhülle über einer Flamme zum Schmelzen. Der Schmelzpunkt des Bleies liegt tiefer als jener Wärmegrad, bei welchem das Papier Feuer fängt. Nun bindet das schmelzende Blei die Wärme der Flamme. Das Papier kann sich daher nicht entzünden.

3. Die Verkohlung des Papiers beginnt mit brauner Farbe bei 225° C. Erst für höhere Wärmegrade entzündet es sich. — Die gebundene Wärme entdeckt von Black 1763.

116. **Gebundene oder latente Wärme bei Auflösungen.** Wenn ein fester Körper durch Auflösung in den tropfbar flüssigen Zustand übergeht, wird ebenfalls Wärme gebunden.

1. Man mischt Kochsalz unter das Eis, wenn letzteres aufzubewahren ist, oder bei Bereitung des Gefrornen aus den Früchtensäften. — Näheres hierüber.

2. Eine Mischung von gleichen Gewichtstheilen Schnee und Kochsalz bringt die Temperatur von 0° auf — 17·5° C.

Fig. 51.

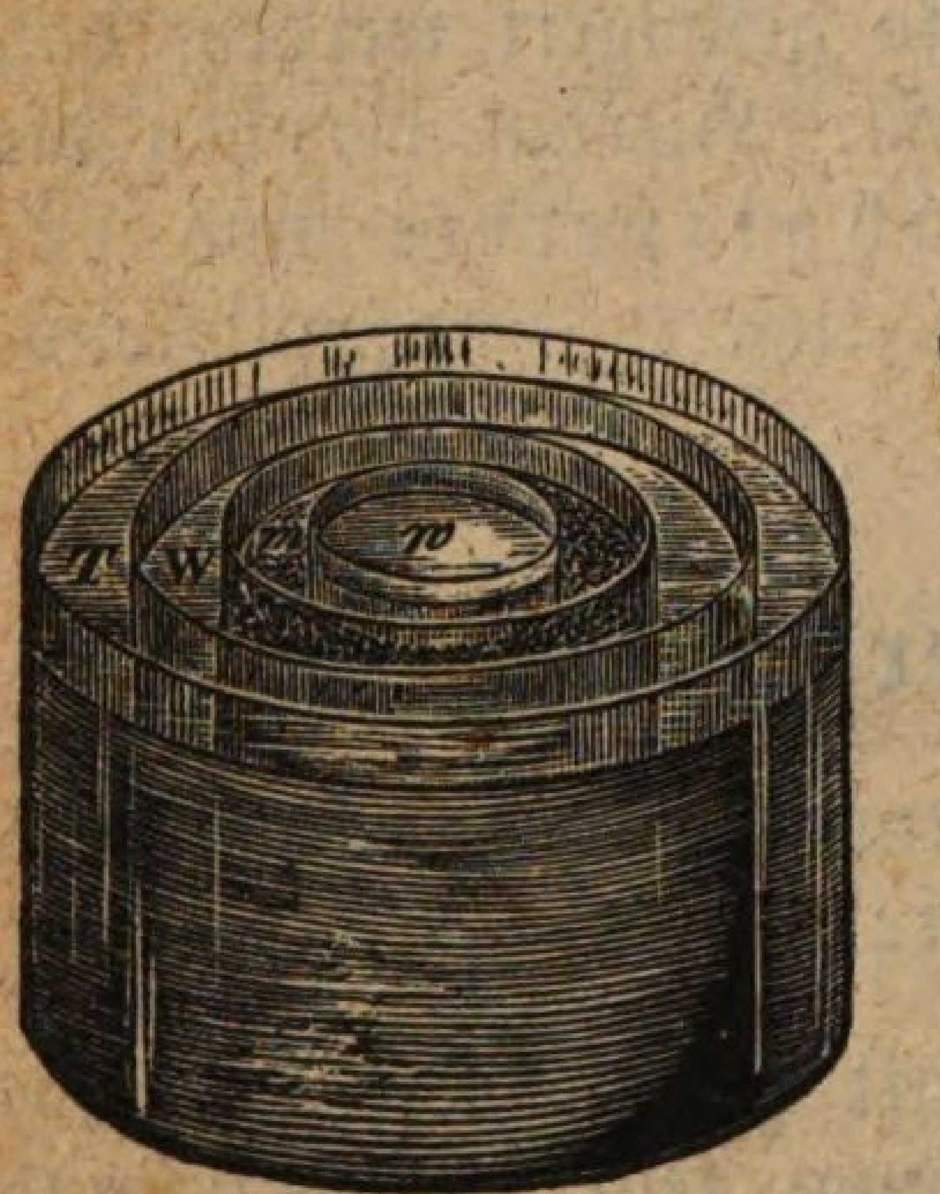
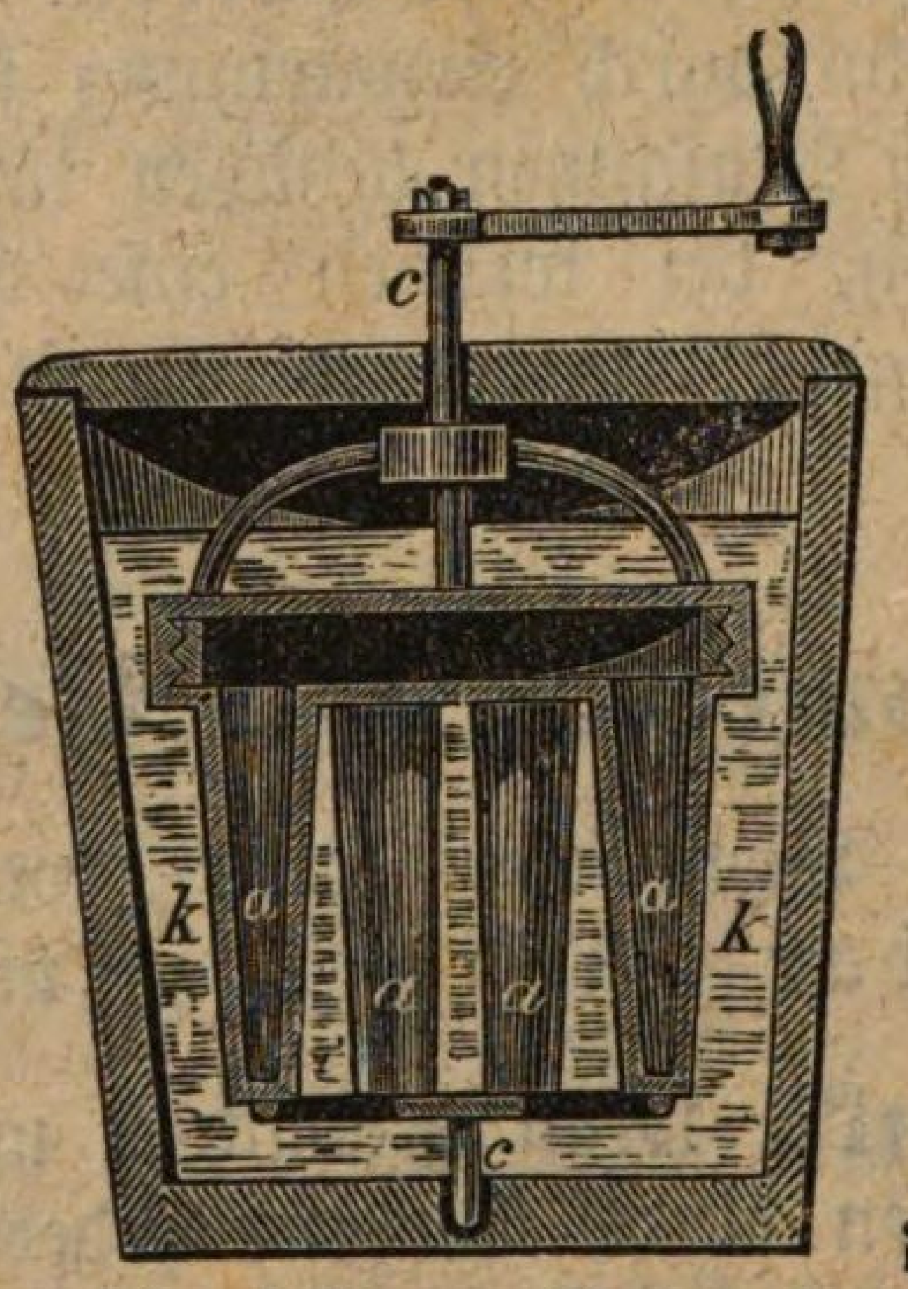


Fig. 52.



3. In einer Mischung von 3 Gewichtstheilen (Gramm etc.) Chorcalcium und 4 Gewichtstheilen Schnee sinkt das Thermometer von 0° auf — 45° C. — Andere Angaben für Kältemischungen in einer Tabelle.

4. Einer der Apparate zur Erzeugung von Eis mittels Kältemischungen besteht aus einem cylindrischen Metallgefäße (Fig. 51) mit 4 concentrischen Abtheilungen.

In den innersten Cylinder kommt das zum Gefrieren bestimmte Wasser; in den zweiten die Kältemischung von 6 Gewichtstheilen schwefelsauren Natrons und 5 Gewichtstheilen Salzsäure.

Die 3. Abtheilung enthält wieder Wasser und die 4. Wärme-Isolatoren z. B. Baumwolle, Flaumfedern etc.

5. Nach Gribeaud benützt man zur künstlichen Eiserzeugung eine Kältemischung von gleichen Theilen salpetersauren Ammoniaks und Wassers. Mehrere Gefäße (Fig. 52) aus dünnem Zinnblech enthalten Wasser und werden geschlossen. Das ganze wird in der Kältemischung rasch gedreht (warum?), wobei sich das Eis bildet.

117. **Erstarren.** Entzieht man einer tropfbaren Flüssigkeit bis zu einem bestimmten Grade Wärme, so erstarrt sie, d. i. sie wird fest.

118. **Freiwerden der Wärme.** Beim Erstarren der Materien wird immer genau dieselbe Wärmemenge wieder frei, welche beim Schmelzen gebunden wurde. Der Erstarrungspunkt fällt in der Regel mit dem Schmelzpunkt zusammen.

1. Der Schmelzpunkt des Quecksilbers ist — 39° C., also ist auch sein Erstarrungspunkt — 39° C. — Tabelle für Erstarrungspunkte.

2. Der Schmelzpunkt des Wassers ist 0° C. Dies ist auch sein Erstarrungspunkt. Wasser jedoch, welches sich in einem enghalsigen Gefäße befindet, kann bei vollkommener Ruhe auf — 10° C. erkalten, ohne zu gefrieren. Allein durch ein mäßiges Schütteln wird es plötzlich fest, wobei seine Temperatur auf 0° C. steigt. Beim Erstarren wird also Wärme frei.

3. Auch aus Salzlösungen gefriert das Wasser erst bei einer tieferen Temperatur als 0° C.; hierauf beruht eine Methode der Salz- und Süßwassergewinnung aus dem Meerwasser; wie dürfte man hiebei vorgehen?

Bei einigen Auflösungen bemerkt man ausnahmsweise Temperaturerhöhungen. In solchen Fällen überwiegt nämlich jene Wärme, welche bei der chemischen Verbindung der angewendeten Stoffe frei wird, die Wärmebindung, die beim Flüssigwerden des festen Stoffes eintritt.

119. **Verdunstung.** Läßt man Wasser, Weingeist, Aether in einem offenen Gefäße stehen, so vermindern sie sich nach und nach, bis sie verschwinden — sie verdunsten, verflüchtigen.

Verdunsten der Flüssigkeiten ist ein Uebergehen derselben in den gasförmigen Zustand.

120. **Flüchtige Stoffe** heißen jene, welche bei gewöhnlicher Temperatur sehr rasch verdunsten; sie müssen in wohlgeschlossenen Gefäßen verwahrt werden.

Flüchtige Stoffe: Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff, ätherische Oele, tropfbare schweflige Säure, tropfbare Kohlensäure, tropfbares Ammoniak, und überhaupt die tropfbar gemachten Gase; endlich sogar der feste Kampfer, das Jod, das Eis u. m. a.

121. **Beschleunigungsmittel der gewöhnlichen Verdunstung** sind: Erwärmung der Flüssigkeit, ferner, wenn man ihre Oberfläche erweitert, wenn man die umgebende Luft verdünnt und wenn man die schon vorhandenen Dämpfe durch Luftzug oder andere Mittel entfernt.

Hierauf beruhen: 1. Das Abdampfen, d. h. das Wegtreiben des Lösungsmittels in Dunstform mittels der Wärme, damit die festen Stoffe zurückbleiben, z. B. beim Salzsieden, Salpetersieden u. dgl. m.

2. Die breite und flache Form der Abdampf- oder Abrauchschalen.

3. Das Ausbreiten der nassen Wäsche, wenn man sie trocknen will.

4. Die stark geheizten Trockenstuben und stark gelüfteten Trockenböden mit ihren Ausbreitungsvorrichtungen zum Hängen oder Legen; die breiten seichten Strandgruben der Salzgärten; die Träufelreiser der Gradirhäuser, durch welche in Salzwerken die Soole, d. i. die Salzauflösung, concentrirt wird; wie so?

5. Warum trocknet das Pflaster beim warmen und windigen Wetter früher als bei kalter und ruhiger Witterung?

122. **Grenze der Verdunstung.** Wahrscheinlich gibt es für jeden flüchtigen Stoff einen gewissen Wärmegrad, bei welchem die Verdunstung aufhört. Derselbe ist jedoch nur für einige Materien bekannt.

1. Das Quecksilber hört bei — 6° C. zu verdunsten auf. Ein darüber gehängtes Goldblättchen färbt sich nicht mehr, wie bei höheren Temperaturen, weiß.

2. Die Schwefelsäure verdunstet bei gewöhnlicher Temperatur nicht mehr. Das Eis, der Aether u. v. a. verdunsten noch bei hohen Kältegraden. — Abrundung des Eises in den Polargegenden. — Das „Verzehrtwerden" des Eises durch Verdunstung.

123. **Spannkraft der Dünste.** Die in einem Glasballon abgesperrten Dünste üben auf seine Wände, vermöge ihrer Ausdehnsamkeit, einen Druck aus. Dieser wird um so größer, je mehr Dünste in dem Ballone vorhanden sind, und je höher ihr Wärmezustand ist. Die gemessene Größe des Druckes der Dünste heißt ihre Spann- oder Expansivkraft.

1. In den Dampfkesseln werden durch Erhitzen Dämpfe von großer Spannkraft erzeugt, und auf schiebbare Widerstände geleitet, die sie in Bewegung bringen (Dampfmaschine). — Sicherheitsvorrichtungen.

2. Der Stöpsel aus einem Ballon, in dem man Wasser erhitzt, wird mit großer Gewalt durch die Spannkraft des Dampfes ausgetrieben. — Dampfgeschütz.

Die Spannkraft der Dünste verschiedener Flüssigkeiten ist bei demselben Wärmegrade verschieden groß. Sie ist um so größer, je früher eine Flüssigkeit siedet.

Beispiele. Die Spannkraft der Alkoholdünste bei 25° C. ist fast $2^1/_2$ mal, und jene der Aetherdünste bei 25° C. 18mal so groß als jene der Wasserdünste bei 25° C.; hingegen ist die Spannkraft der Quecksilberdünste bei 25° C. noch unmerklich.

124. **Die Condensation der Dünste.** Kühlt man ein mit Dünsten gefülltes Gefäß durch Aufgießen von kaltem Wasser ab, so schlägt sich sogleich ein Theil des Dunstes als Wasserperlchen an den Wänden nieder. Diese Dünste haben sich condensirt.

Hierauf beruht zum Theil die Destillation und Sublimation.

Fragen. 1. Ein kalter Körper über siedendem Wasser gehalten, zeigt Wassertröpfchen; wie kommt dies?

2. Man sieht den Dampf erst, wenn er sich vom siedenden Wasser etwas entfernt hat; warum?

3. Im Winter merkt man das Ausathmen des Wasserdunstes; wie so? Woher kommen beim Frost die Eiszapfen an den Bärten?

125. **Sieden.** Bei einem gewissen Wärmegrade bilden sich auch im Innern der Flüssigkeiten Dünste oder Dämpfe. Diese erheben sich als Gasblasen, und verursachen jenes Aufwallen, das man Sieden nennt.

126. **Siedepunkt** heißt jener Wärmegrad, bei welchem eine Flüssigkeit in's Sieden kömmt; er ist abhängig:

a) Von der Natur der Flüssigkeit.

1. Siedepunkt einiger Flüssigkeiten: Schwefeläther 35° C., Schwefelkohlenstoff 43.5 C., Wasserfreie Schwefelsäure 46° C., Alkohol 78.4° C., eine Petroleumart 85° C., Salpetersäure von der Dichte 1.5° bei 86° C., Wasser 100° C., Zinnchlorid 120° C., Leinöl 316° C. und Quecksilber 350° C.

2. Wässerige Salzlösungen haben einen höheren Siedepunkt als Wasser.

b) Von der Mächtigkeit des auf der Flüssigkeit lastenden Druckes, also auch von der Größe des Luftdruckes.

Anwendung. 1. Auf hohen Bergen liegt der Siedepunkt des Wassers tiefer als im flachen Lande. — Thermo-Barometer.

2. Bringt man in einem Glasballon (Fig. 53) etwas Wasser zum Sieden, so vertreiben die Dämpfe alle Luft aus dem Ballon. Entfernt man den letzteren vom Feuer, verschließt denselben luftdicht (Fig. 53 und 54) und übergießt ihn, sobald das Sieden aufgehört hat, mit kaltem Wasser — so tritt sogleich das Kochen im Ballone wieder ein; wie so?

3. Die Vacuumpfannen in Zuckerfabriken sind geschlossen, die Luft in denselben ist verdünnt. Der Zuckersaft siedet daher bei niedriger Temperatur, mithin früher, als in offenen Gefäßen.

4. Eine dem Sieden ähnliche Erscheinung bei luftleerem Raume bieten der luftleere Wasserhammer (Fig. 55) und der luftleere Pulshammer (Fig. 56 von Franklin), wenn sie mit der Hand erwärmt werden.

Fig. 53.

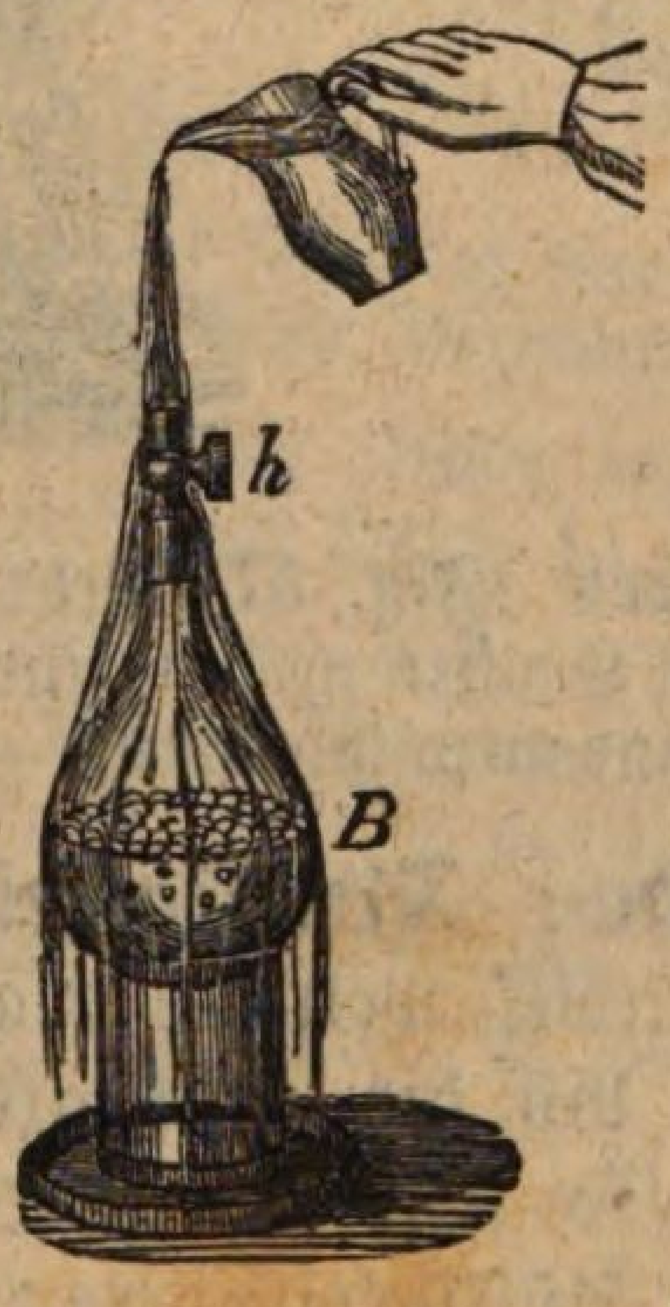


Fig. 54.

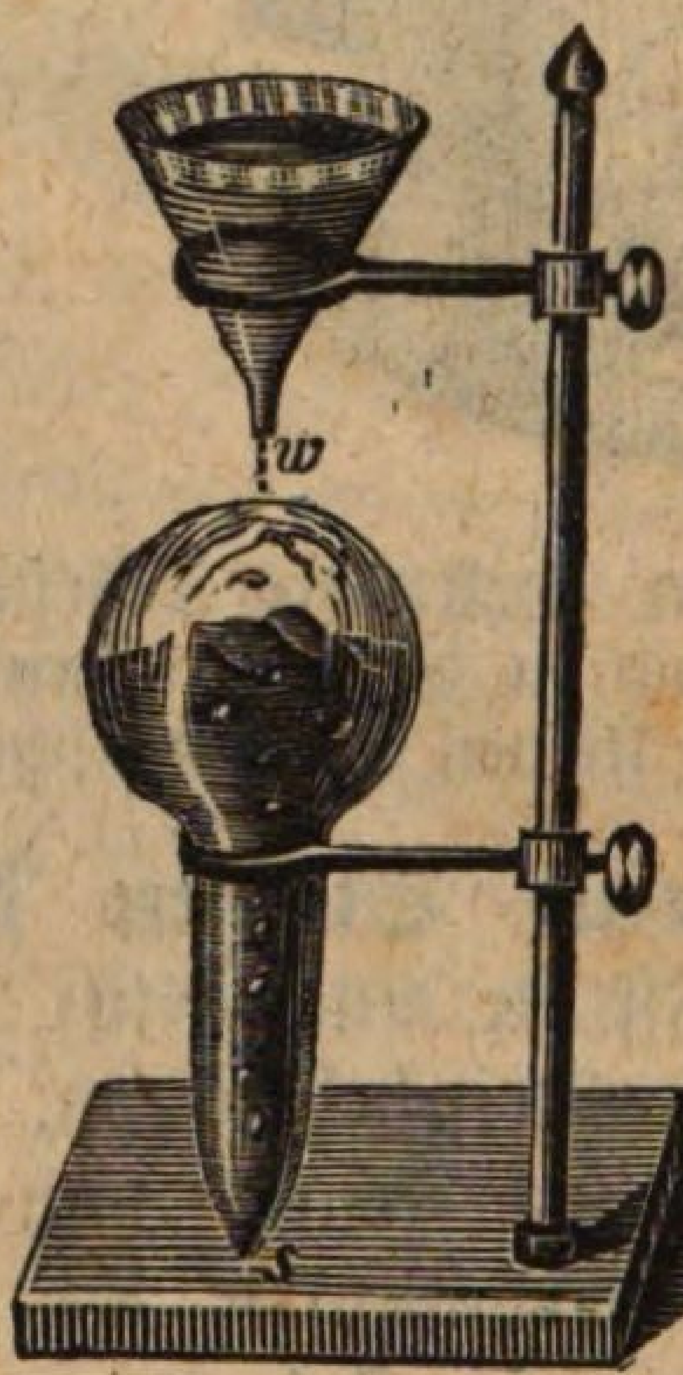


Fig. 55.



127. **Der Papin'sche Topf oder Digestor.** Wenn man (Fig. 57) Wasser in einem luftdicht verschlossenen, metallenen Gefäße erhitzt, so werden auf die Wasseroberfläche die eingesperrte Luft und die entstehenden Dämpfe drücken. Und dies um so mächtiger, je weiter die Erwärmung schreitet. Dieser Druck auf das Wasser ist so bedeutend, daß es bei 100° C. noch nicht ins Sieden gerathen kann. Die Temperatur des Wassers in einem solchen Topf steigt nämlich so lange, bis die Spannkraft des Luft- und Dunstgemenges gleich dem Drucke des Sicherheitsventiles v geworden ist. Diese Gleichheit wird durch selbstthätiges Abblasen des gasig-dunstigen Gemenges beim Ventile kenntlich. In diesem Augenblick beginnt das Sieden der Flüssigkeit bei jener Temperatur, wie sie dem stattfindenden Drucke entspricht. Dies erkennt man daran, daß der Stand des Quecksilbers in dem luftdicht eingesenkten Thermometer ein beständiger wird.

1. Aehnlich erhöhet man die Temperatur von Flüssigkeiten über ihren Siedepunkt, indem man dem Gefäß nur enge Dampfausströmungsöffnungen läßt.

Fig. 57.

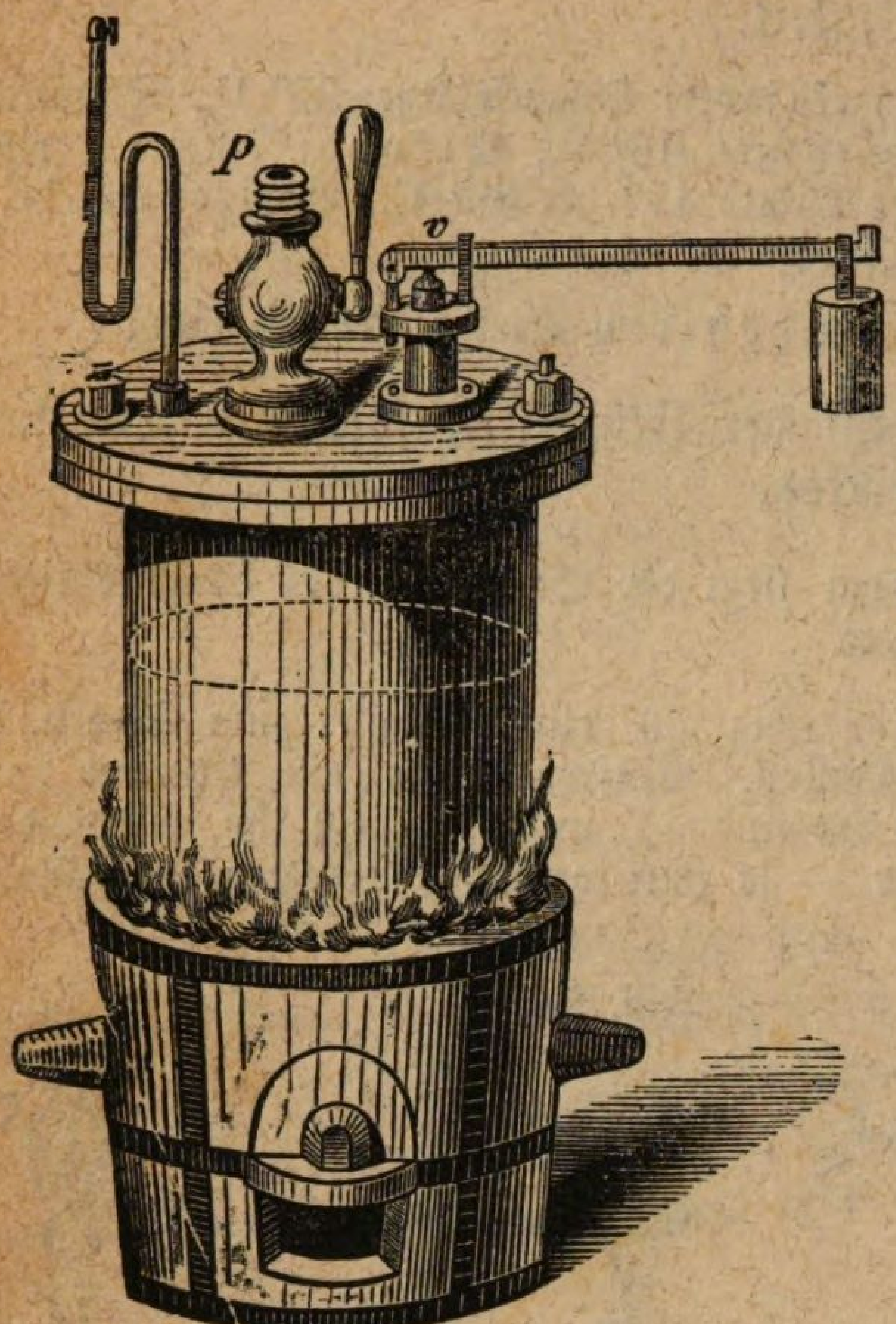


Fig. 56.

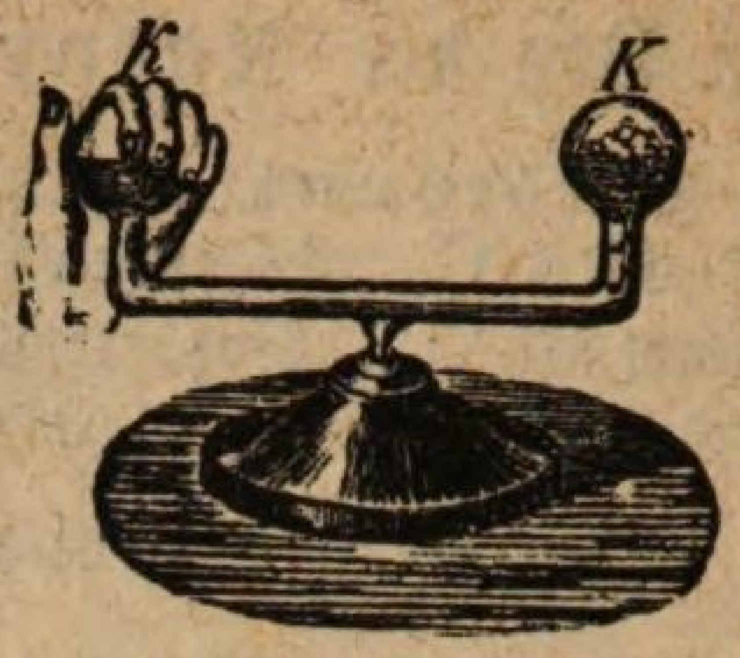


Fig. 58.



2. An dem Deckel des Digestors (Fig. 57) sieht man links einen Dampf-Druckmesser und in der Mitte den Hahn p, um eine Dampf-Pfeife oder die Zuleitungsröhre einer kleinen Dampfmaschine anzuschrauben. — Erfunden von Papin 1681.

128. **Beim Sieden der Flüssigkeiten wird Wärme gebunden.** Ist in eine Flüssigkeit, welche erwärmt wird, ein Thermometer gesenkt, so steigt letzteres, bis die Flüssigkeit zu sieden anfängt. Man mag nun das Feuer noch so sehr verstärken, so bewirkt man nur ein rascheres Verdampfen der Flüssigkeit; vermag aber nicht, ihren Wärmegrad über den Siedepunkt zu steigern.

Beispiele. 1. Wasser kann man in zinnernen, ja sogar papierenen Gefäßen über einem offenen Feuer zum Sieden bringen, ohne daß diese beschädigt werden. Wie so? (Vergl. §. 115).

2. Siedendes Wasser kann man nicht heißer machen, indem man das Feuer verstärkt. Fleisch, Hülsenfrüchte ꝛc. lassen sich also früher erweichen, wenn man sie in einem Papin'schen Topf (Fig. 58) kocht. Ja selbst aus den Knochen tritt im Digestor ein bedeutend größerer Theil der auflösbaren Stoffe. Der Papin'sche Topf wird zum Extrahiren der Farbstoffe, zur Bereitung von Firnissen und Lacken angewendet.

3. Der Deckel des gemeinen, eisernen Papin'schen Kochtopfes ist mittels Bajonnett-Verschlußes befestigt und trägt (Fig. 58) ein Sicherheits-Ventil. Derselbe dient zum Bereiten kräftiger Suppen, zum Dünsten der Fleischspeisen. Da hier nur wenig Wasser abdunstet, so kommt die sonst gebundene Wärme den Speisen zu Gute.

4. Die Sennerinnen beschweren den Sturz ihrer Kochgeschirre mit Steinen; sie haben dann einen Papin'schen Topf; wie so?

5. Körper, die nicht über den Siedepunkt des Wassers erwärmt werden sollen, bringt man in Wasser, welches in einem offenen Gefäße erhitzt wird; warum?

6. Wie mit diesem „Wasserbad" verhält es sich mit dem Oelbade, mit dem Bade leichtflüssiger Metalle, d. i. mit den sogenannten Marienbädern. Dieselben, sowie das Aschen- und Sandbad gestatten überdies, wegen ihrer langsamen Erwärmung, den eingesenkten Körper auf einen beliebigen Grad zu erwärmen und lange Zeit gleichmäßig warm zu erhalten — vorausgesetzt, daß das Feuer gehörig regulirt wird.

129. **Kälte-Erzeugung durch gebundene Verdunstungs-Wärme.** Nicht blos beim Sieden, sondern bei jeder Art von Dunstbildung, wird Wärme gebunden. Diese Wärme wird der verdunstenden Flüssigkeit und der nächsten Umgebung entzogen. Beide erkalten daher. Und dies um so mehr, je schneller die Dunstbildung erfolgt. Bei sehr rascher Verdunstung kann ein Theil der Flüssigkeit gefrieren.

Wenn die Verdunstung zu langsam erfolgt, gleicht sich der Wärmeunterschied aus der Umgebung unmerklich aus.

Entdecker dieser gebundenen Wärme: De Luc und Black 1755.

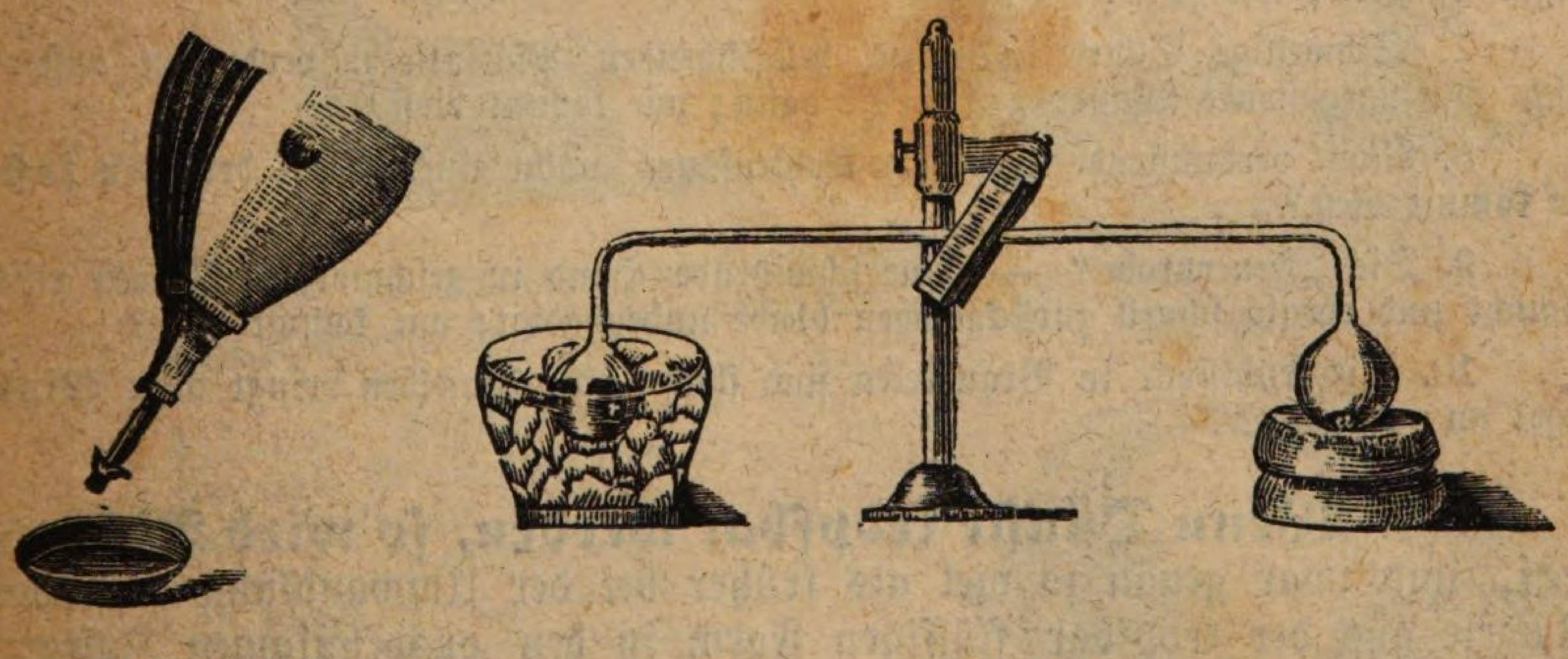
Beispiele. 1. Werden Theile des Körpers durch einen feuchten Wind benetzt, so empfindet man in denselben, wegen der Verdunstung, Naßkälte.

2. Wird die Hand mit Weingeist oder Aether befeuchtet, so empfindet man in derselben Kälte. Bewegt man die so angenäßte Hand, so wird sie noch kälter; warum?

3. Setzt man unglasirte Thongefäße, welche Wasser enthalten, dem Luftzuge aus, so verdunsten die durch die Poren heraustretenden Wassertröpfchen sehr rasch. Die Spanier kühlen daher ihre Getränke in porösen Alkarazzas.

4. In dem metallenen Schälchen (Fig. 59) ist Schwefelkohlenstoff, der stark verdunstet. Bläst man nun noch darauf, so wird der Schale und dem dar-

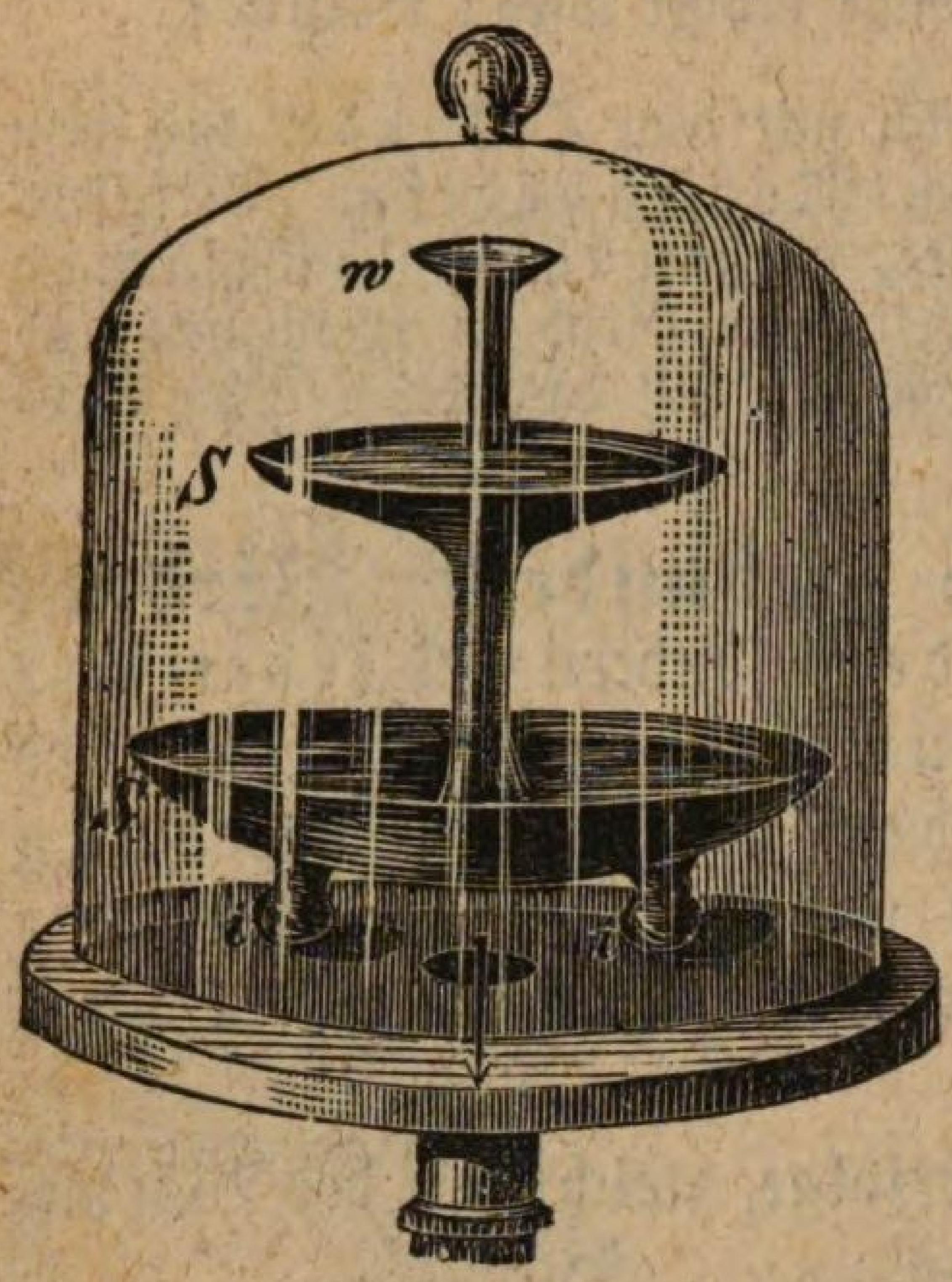
Fig. 59. Fig. 60.



unter befindlichen Wasser, durch rasche Verdunstung, so viel Wärme entzogen, daß die Schale auf der Unterlage anfriert.

5. Kryophor. In der Kugel a (Fig. 60) befindet sich etwas Wasser. Das Instrument ist luftleer. Taucht man die Kugel r in Eis und Kochsalz, so schlagen sich in derselben die Wasserdünste nieder. Es entstehen in a rasch neue Dünste, die eben so schnell in der Kugel r tropfbar werden u. s. w. In dieser Weise wird dem Wasser in der Kugel a Wärme entzogen, bis es gefriert.

Fig. 61.



6. So erstarrt auch Wasser unter einem Glassturz (Fig. 61), unter welchem die Luft stark verdünnt wird. Die dadurch in großer Menge entstehenden Wasserdünste werden mittels Pumpen und concentrirter Schwefelsäure bei S, schnell fortgeschafft.

7. Mit Hilfe rasch verdunstender Flüssigkeiten, wässeriger Lösung von Ammoniakgas u. dgl. und einer Luftpumpe oder mittels Erwärmung kann man Eis im Großen erzeugen. — Eiserzeugungsmaschinen von Siebe in London, Carré in Paris.

Fragen. 1. Das Frösteln, wenn man aus dem Bade steigt, die Abkühlung der Luft durch einen Regen oder durch Aufspritzen von Wasser an heißen Tagen, der Kühlstock in Brauereien, das Abkühlen der Getränke dadurch, daß man die Gefäße, in denen sie enthalten sind, mit einem nassen Tuche umschlingt, lassen sich nun leicht erklären; wie so?

2. Die Gefäße, in welchen die flüchtige Flüssigkeit enthalten ist, müssen auf schlechten Wärmeleitern, z. B. Holz, Stroh, Glas ꝛc. ruhen; warum?

3. Wenn man bei den in Fig. 53 bis 56 dargestellten Versuchen die Glasballone mit Alkohol, Aether, Schwefelkohlenstoff von außen befeuchtet, geschieht das siedende Aufwallen rascher; warum?

4. Zum Erkalten der heißen Luft in Theatern, Schulen, hat man das Bespritzen ihres Daches vorgeschlagen; warum? Ferner das Streichen der einziehenden Luft über Röhren, welche Kältemischungen enthalten. — Negative Heizung.

5. Mit Schwefeläther getränkte Baumwolle auf die Kugel eines Thermometers gebracht, kann das Quecksilber im Thermometer weit unter Null bringen, und dieß umsomehr, wenn man das Thermometer hin- und herschwenkt; wie so?

6. Schwefelkohlenstoff, wie vorhin angewendet, macht das Quecksilber in der Kugel erstarren; wie so?

7. Schweflige Säure in einem hellglühenden Platintiegel verdunstet äußerst rasch. Hinzugegossenes Wasser gefriert dann; wie kommt dieß?

8. Rasch verdunstende tropfbare Kohlensäure macht einen Theil derselben fest; wie kommt dieß?

9. Die „Feuerprobe." — Eine schwitzende Hand in geschmolzene Metalle rasch getaucht und ebenso schnell zurückgezogen bleibt unbeschädigt; wie kommt dieß?

10. Die Kühlstöcke in Brauereien sind flach; ober denselben bringt man Windflügel an; warum?

130. **Wenn Dünste tropfbar werden, so wird Wärme frei,** und zwar genau so viel als früher bei der Umwandlung derselben Materie aus der tropfbar flüssigen Form in den ausdehnsamen Zustand gebunden wurde. — Black 1764.

131. **Destillation.** Wird (Fig. 62) Brunnen- oder Flußwasser in einer Retorte bis zum Sieden erhitzt, so verwandelt sich sein flüchtiger Bestandtheil, d. i. das chemisch reine Wasser, in Dämpfe. Diese gehen in die Vorlage V, wo sie durch Abkühlung tropfbar werden. Die fixen Bestandtheile des Wassers bleiben in der Retorte. Jede der-

artige Scheidung von Stoffen heißt **Destillation.** Die Destillation **fester** Stoffe heißt **Sublimation.**

Fig. 62.

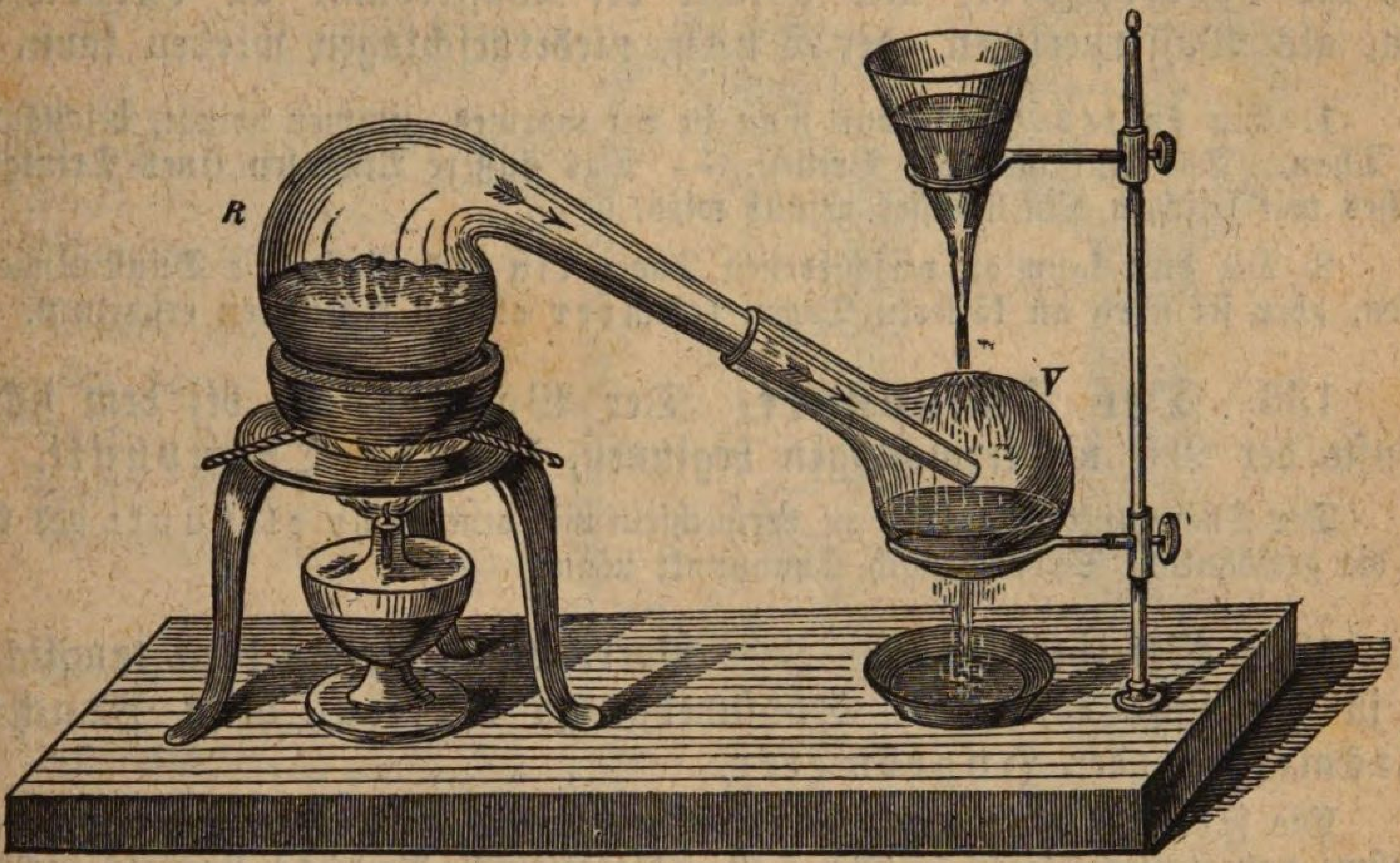
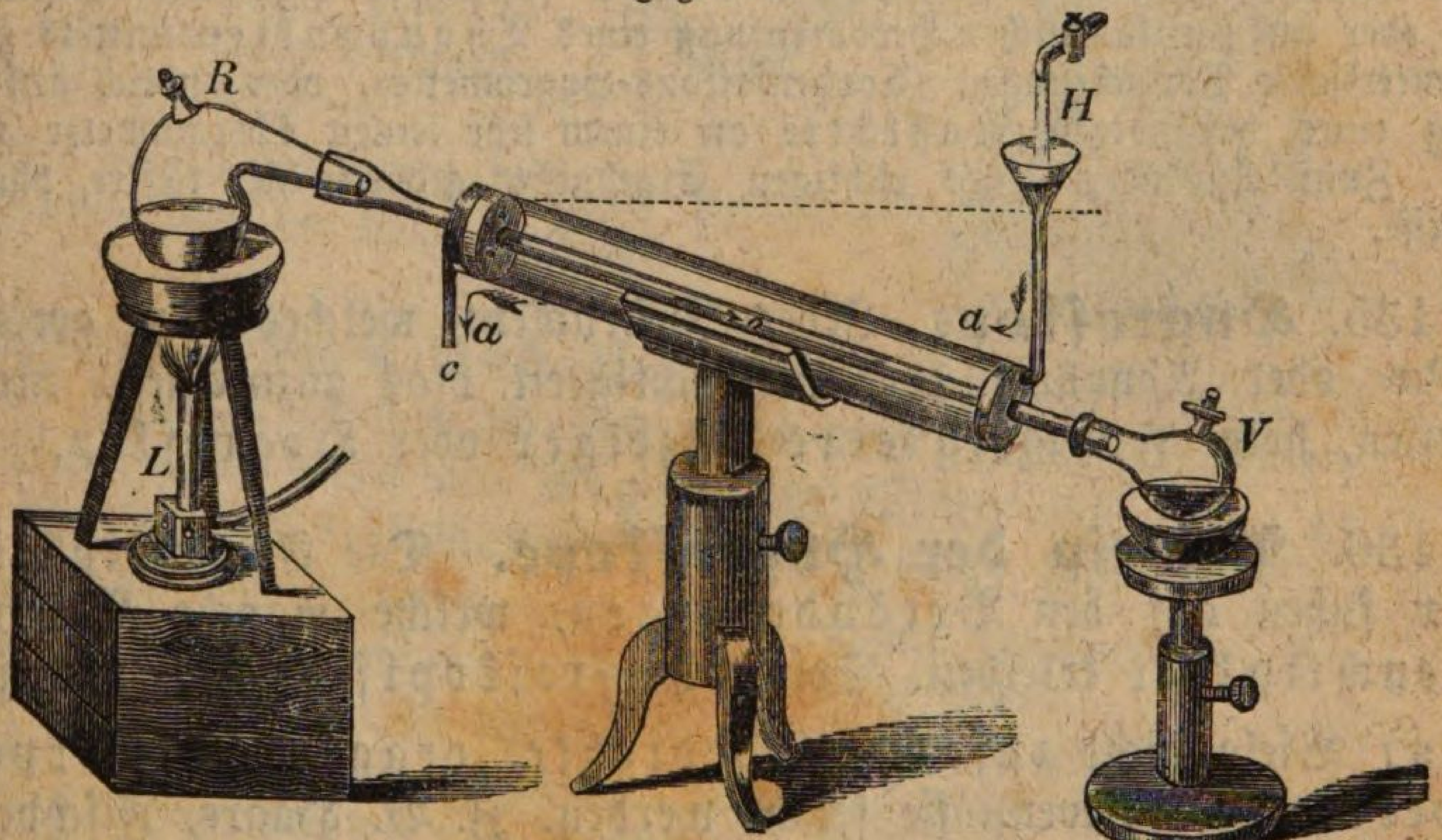


Fig. 63.



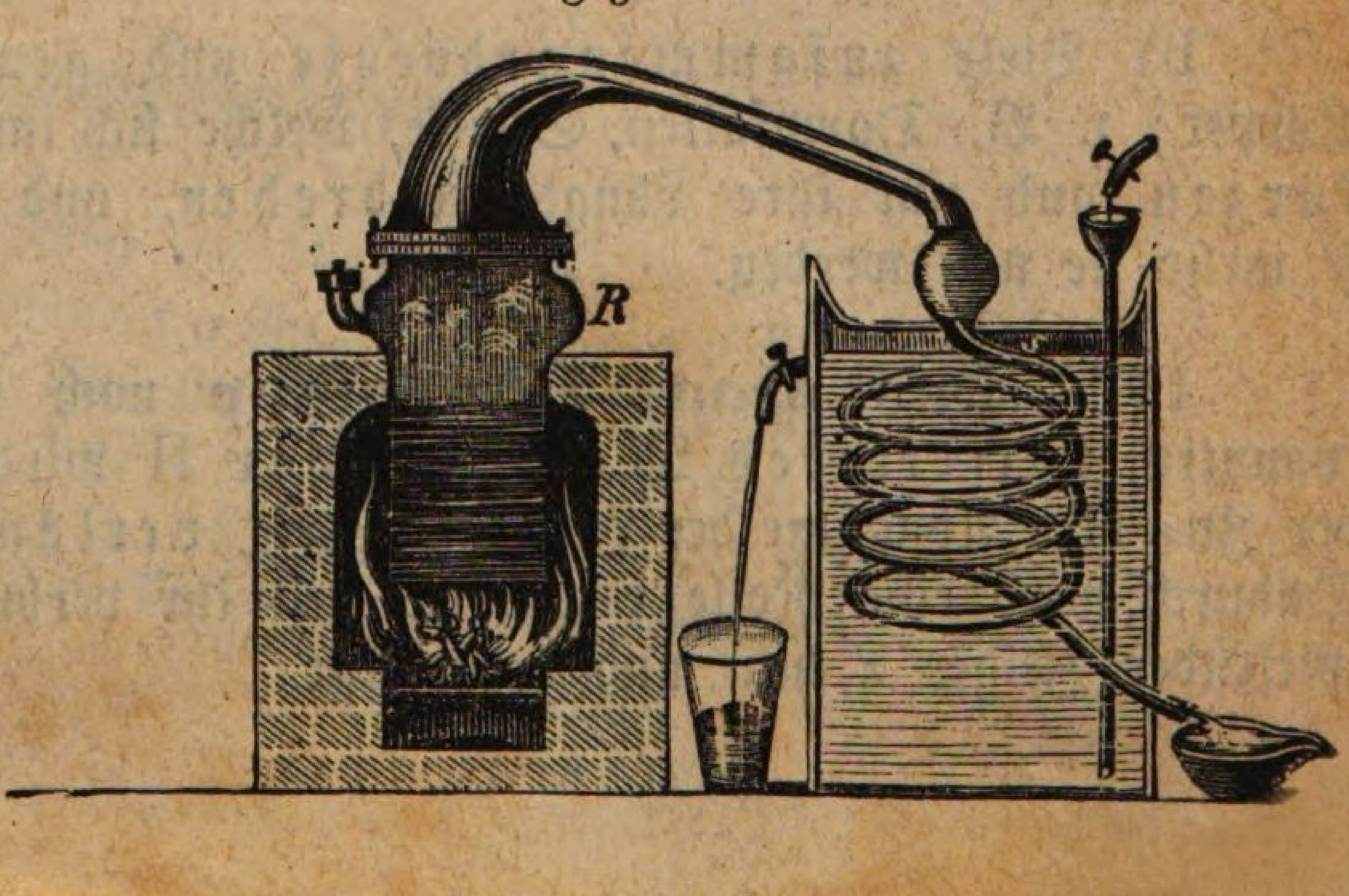
1. Die Abkühlung der Dünste geschieht **von außen** mittels **kalten** Wassers. Alkohol-Erzeugung. — Abscheidung der ätherischen Oele. — Destillat.

2. Fig. 63 zeigt **Liebig's** Destillations-Apparat. Bei H fließt das kalte Wasser zu, bei c das warm gewordene ab. Die durch die innere Röhre o ziehenden Dämpfe werden tropfbar (wie so?) und fließen in die Vorlage V.

3. Fig. 64 zeigt einen Apparat für die Destillation im Großen. Wiederholte Destillation des Alkohols.

Die Destillation ist eine sehr alte Erfindung.

Fig. 64.



132. **Die Luftfeuchtigkeit.** Die Luft enthält jederzeit Wasserdunst in durchsichtiger, unsichtbarer Form. Sie ist daher auch immer feucht. Der Grad ihrer Feuchtigkeit wird beurtheilt nach der Leichtigkeit, mit welcher der Wasserdunst an kalten Körpern, als Wasserperlchen oder Thau, niedergeschlagen werden kann.

1. Ein kaltes Glas, das man in ein warmes Zimmer bringt, beschlägt sich mit Thau. Das Anlaufen der Brillen. — Das äußere Anlaufen eines Trinkglases, welches mit frischem Quellwasser gefüllt wird.

2. Die Luft kann an verschiedenen Tagen ein und dieselbe Dunstmenge enthalten, aber sie wird an kälteren Tagen feuchter als an wärmeren erscheinen.

133. **Der Thaupunkt.** Der Wärmegrad, bei dem sich die Dünste der Luft niederzuschlagen beginnen, heißt der Thaupunkt.

Der Thaupunkt ist nicht zu verwechseln mit dem Schmelzpunkt des Eises, den die gewöhnliche Sprache auch Thaupunkt nennt.

134. **Hygrometer.** Jede Vorrichtung, welche dazu tauglich ist, die in der Luft enthaltene Dunstmenge zu messen, heißt Feuchtigkeitsmesser oder Hygrometer.

Die Feuchtigkeitsmesser beruhen entweder auf Beobachtung der Gewichtszunahme von wassergierigen Stoffen z. B. Chlorcalcium, Pottasche, Kochsalz, Schwefelsäure u. dgl., welche den Wasserdunst absorbiren (chemische oder Absorptions-Hygrometer), oder auf der künstlichen Hervorrufung eines Thaupunktes mittels geeigneter thermometrischer Vorrichtungen (Condensations-Hygrometer), oder endlich auf der Erzeugung einer beständigen Naßkälte an einem sehr feinen Thermometer (Psychrometer). Zum Auffinden eines richtigen Ergebnisses gehören hier tiefere, physikalische Kenntnisse.

135. **Hygroskope.** Jedes Instrument, welches dazu geeignet ist, eine Zu- oder Abnahme der Luftfeuchtigkeit blos anzuzeigen, nicht aber zu messen, heißt Feuchtigkeits-Anzeiger oder Hygroskop.

136. **Princip der Hygroskope.** Die Feuchtigkeitsanzeiger fußen auf den Veränderungen, welche manche Materien in der Feuchtigkeit erleiden. Solche hygroskopische Stoffe sind:

a) Viele nicht zusammengedrehte, organische Körper, die sich verlängern, wenn sie feucht werden. Z. B. Haare, Fischbein- und Holzfasern, manche Pflanzen und deren Theile, besonders die Grannen. Letztere strecken sich im feuchten Zustande, während sie sich spiralförmig winden, wenn sie trocken werden.

b) Viele zusammengedrehte und gewundene organische Körper; z. B. Darmsaiten, Stricke, welche sich im feuchten Zustande verkürzen und um ihre Längenaxe drehen, und zwar um so mächtiger, je mehr sie naß werden.

137. **Das Haar-Hygroskop** nach Saussure. Ein gespanntes, entfettetes Menschenhaar H wird sich (Fig. 65), je nach der Zu- oder Abnahme der Luftfeuchtigkeit, verlängern oder verkürzen. Dadurch wird eine Rolle r und ein mit ihr verbundener, an einer Scala spielender Zeiger z hin- und herbewegt.

1. Wie beim Haarhygroskop (erfunden 1783) verlängert sich (Fig. 66) ein papierdünner Fischbeinstreifen beim Hygroskop nach De Luc (1775).

2. Bei den Wetterhäuschen oder holländischen Hygroskopen ist der hygroskopische Körper eine Darmsaite, welche sich in feuchter Luft mehr herumdreht und dadurch einen Zeiger oder leichte Figuren bewegt Fig. 67. — Molineux 1686.

3. Beim Grannen-Hygroskop (seitwärts in Fig. 67) wird die lange Granne des Storchschnabels verwendet. — Von Maignan beschrieben im J. 1688.

Fig. 65.

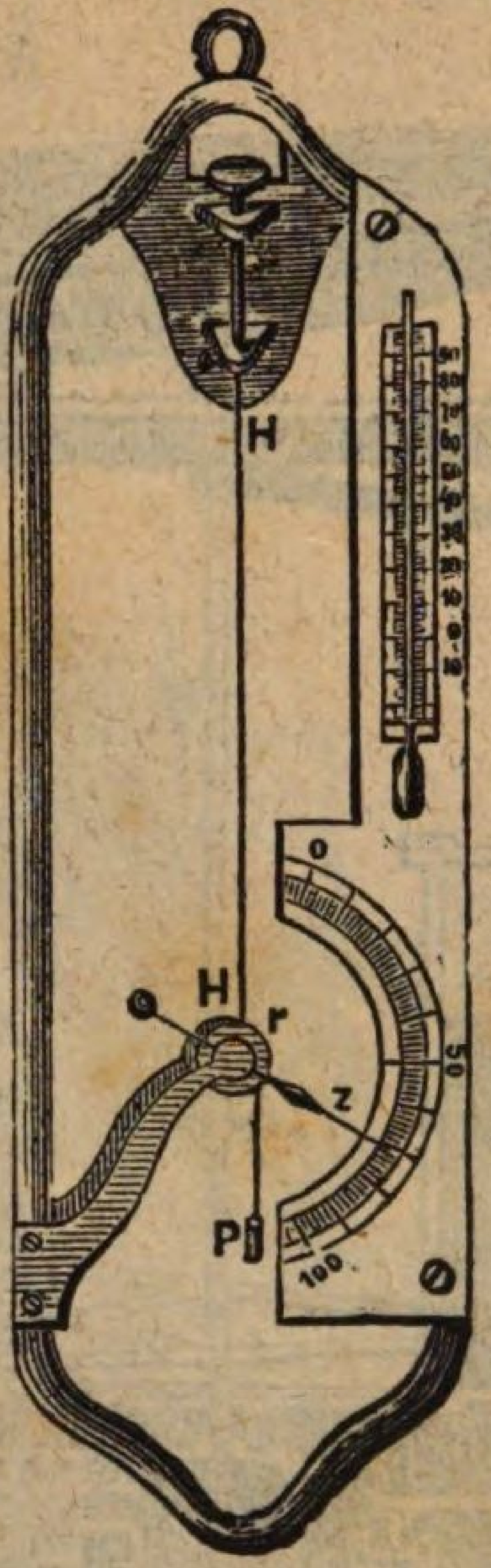
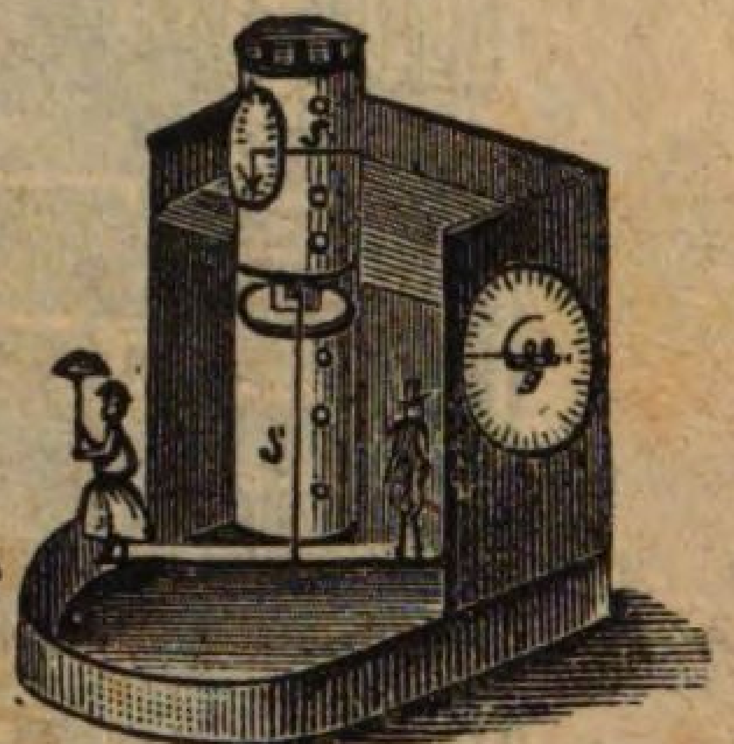


Fig. 66.



Fig. 67.



138. **Nebel und Wolken.** Wenn die in der freien Luft enthaltenen Wasserdünste durch Erkaltung, in äußerst feinen Bläschen, flüssig werden, so entstehen Nebel oder Wolken.

1. Eine Wolke ist ein hochschwebender Nebel. Plötzliche Wolkenbildungen verrathen eine rasche Abkühlung in den oberen Luftschichten; wie so?

2. Verschwinden die Wolken ohne zu regnen und ohne daß sie weiter gezogen wären, so muß es in den oberen Regionen wärmer geworden sein; wie so?

3. Wie erklärt man den Nebel im Winter, welcher nahe der geöffneten Thür einer geheizten Stube entsteht?

139. **Regen, Schnee und Hagel.** Vereinigen sich je mehrere Dunstbläschen, so können sie sich nicht mehr schwebend in der Luft erhalten. Sie fallen dann als Regen, im Winter als Schnee und zuweilen in der wärmeren Jahreszeit (!) als Hagel herab.

1. Abbildungen der mikroskopisch gesehenen Schneeflocken vorzeigen. — Die Schneeflocken für das Mikroskop werden auf dunklem Tuch aufgefangen.

2. Die Erscheinung des Hagels ist bisher nicht ganz genügend erklärt.

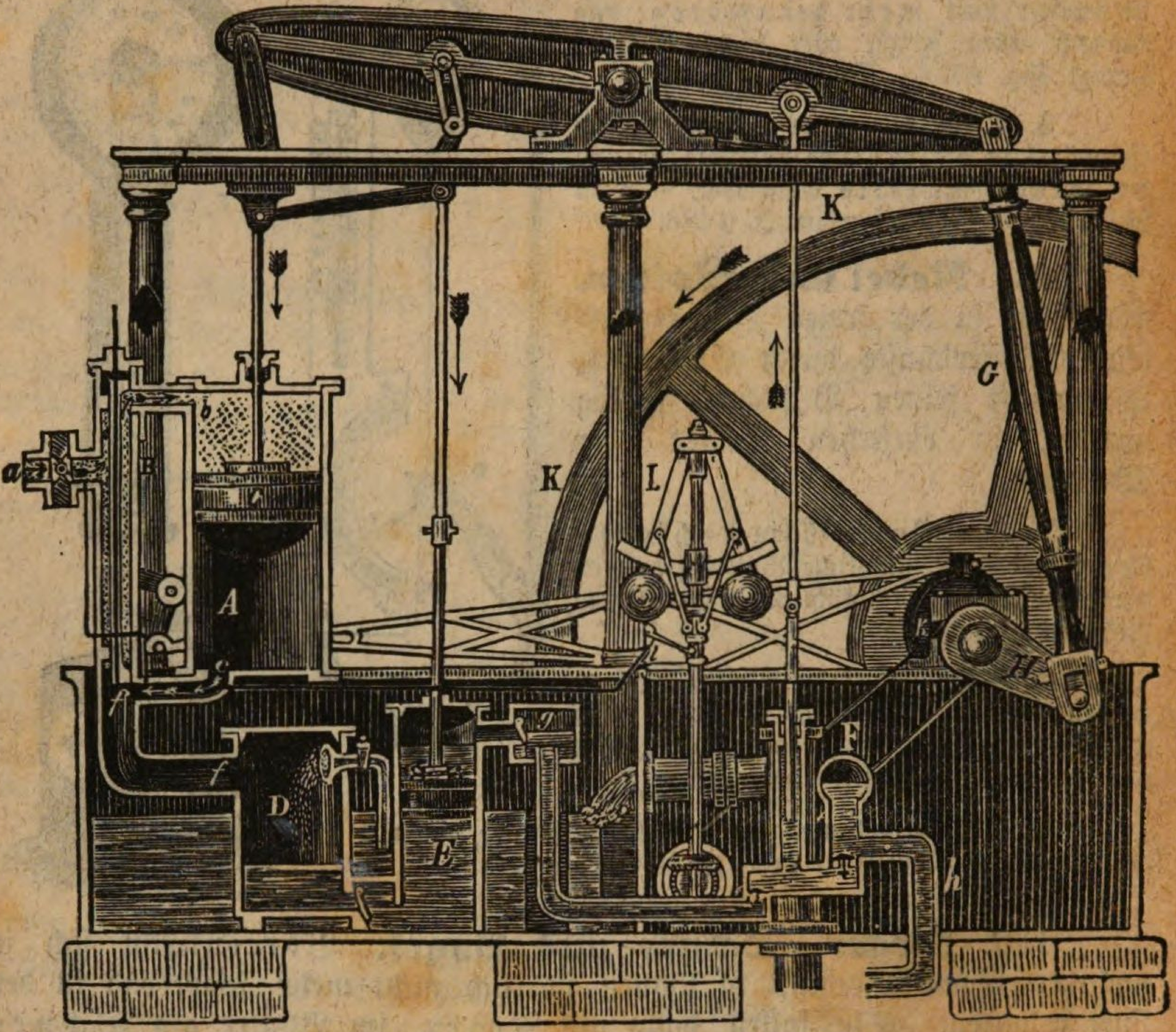
3. Blüthenstaub, mikroskopische Insekten, vulkanische Asche, Samenkörner u. dgl. m., welche vom Winde gehoben und in entfernten Gegenden mit dem Regen niederfallen, bewirken die sogenannten Blut-, Schwefel-, Getreide-, Staubregen. — Gefärbter Schnee. — Regenmesser.

E. Die Dampfmaschine.

140. **Dampfmaschine.** Tritt bei b (Fig. 68) in den Cylinder A Wasserdampf von hoher Spannung über den Kolben C, so wird dieser dadurch hinabgedrückt. Vermittels einer Steuerung kann man es dann dahin bringen, daß bei c Dampf unter den Stämpel kommt, der letzteren aufwärts treibt. Hiebei entweicht der obere, jetzt unwirksame Dampf bei b. In solcher Weise wird der Kolben auf- und

niederbewegt. Durch Zwischenvorrichtungen gerathen das Rad K und alle mit diesem verbundenen Räder, Hebel u. s. w. in *Bewegung.* Eine

Fig. 68.



jede Maschine, welche unmittelbar durch die Spannkraft des Dampfes getrieben wird, heißt *Dampfmaschine.*

Dampfkessel. — *Watt's* Dampfmaschine 1764. — Modelle.

141. **Nieder- und Hochdruckmaschinen.** Maschinen, bei denen die Spannkraft des verwendeten Dampfes *unter* zwei Atmosphären (§. 83) beträgt, heißen *Niederdruckmaschinen.* Maschinen, bei denen die Spannkraft des Dampfes *größer* als zwei Atmosphären ist, heißen *Hochdruckmaschinen.*

142. **Die Schiffsdampfmaschinen** sind meistens *Niederdruckmaschinen,* welche im Wasser zwei Schaufelräder oder eine *Schraube* in Drehung versetzen, wodurch das Schiff weiter *gerudert* wird.

Durchschnittsmodelle. — Wirksames Modell. — Erstes Dampfschiff 1807.

143. **Die Locomotive** (Fig. 69) ist eine *Hochdruckmaschine.* Der Dampf treibt den Kolben C in dem *wagrecht* oder *schief* lie-

genden Cylinder A hin und her. Dadurch bewirkt er die Umdrehung des mittleren, großen Treibrades. Jenseits des Rauchfanges wird

Fig. 69.

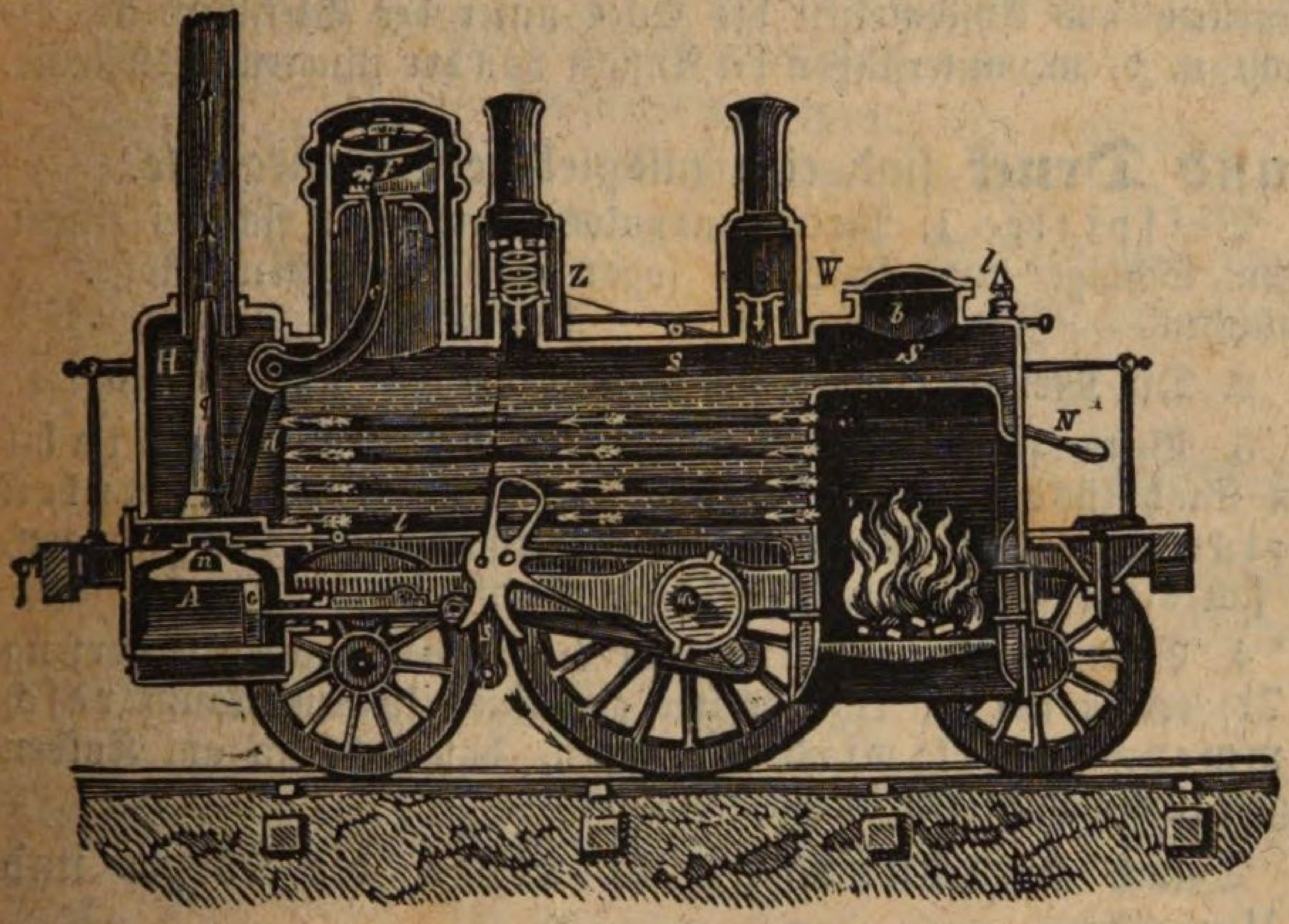


Fig. 70.



durch eine ähnliche Dampfmaschine ein zweites Treibrad in Bewegung gesetzt. Beide Treibräder haben eine gemeinschaftliche Axe. Die vier kleineren Räder geben der Locomotive die erforderliche Standfestigkeit.

Durchschnittsmodelle. — Wirksames Modell. — 1806 erster Versuch im Großen.

144. **Einfach und doppelt wirkende Dampfmaschine.** Bewegt (Fig. 70) der Dampf den Kolben im Cylinder immer nur nach einer Seite, während, nach Condensation der Dämpfe, der Rückgang durch ein Gewicht oder durch den Luftdruck bewirkt wird; so heißt eine derartige Maschine einfachwirkend. Im Gegensatz zu einer solchen, die höchst selten angewendet wird, heißen die früher besprochenen Maschinen (Fig. 68 und 69) doppeltwirkend; warum?

F. Die Wärmequellen.

Die ausgiebigste Wärmequelle, d. i. die Sonne, wird am Schlusse dieses Buches, bei der strahlenden Wärme, besprochen.

145. **Die Erde als Wärmequelle.** Der Wärmezustand der Erde bleibt 20 bis 25 Meter unterhalb ihres Bodens unverändert. Die Temperatur der Schichten in dieser Tiefe hängt nicht mehr von der Einwirkung der Sonne ab. Noch weiter hinab nimmt die Wärme immer zu. Es ist höchst wahrscheinlich, daß alle Bestandtheile der Erde in einer Tiefe von einigen Meilen im geschmolzenen Zustande sich befinden. Die schlechte Wärmeleitungsfähigkeit der erkalteten Erdrinde verhindert, die Hitze dieses Erdcentralfeuers wahrzunehmen.

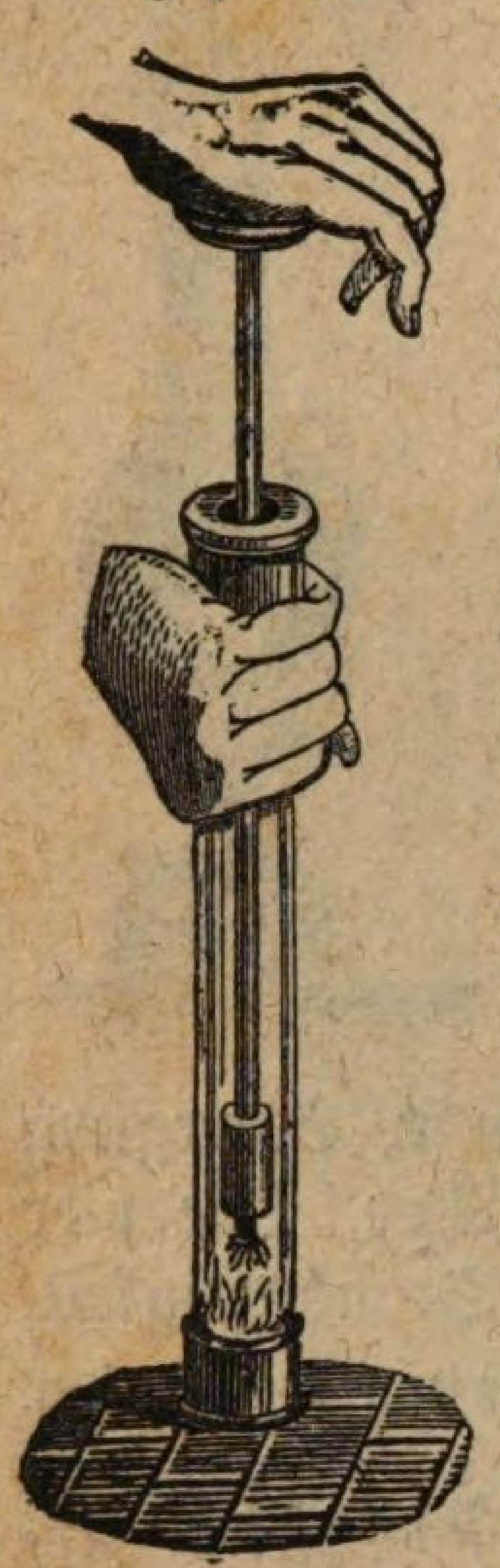
1. Ein Thermometer im $27._{6}$ Meter tiefen Keller der Pariser Sternwarte zeigt seit 1783 stets $11._{82}{}^{0}$ C.

2. Die von den Gelehrten angestellten Untersuchungen deuten, bei mäßigen Tiefen, auf ein Wachsen der Wärme von je 1^{0} C. für eine Zunahme der Tiefe von je 20 Meter (64 Fuß).

3. Die heißen Quellen, das Abschmelzen des Eises unter der Gletscherdecke, die vulcanischen Ausbrüche u. d. m. unterstützen die Ansicht von der inneren Erdwärme.

146. **Stoß und Druck** sind eine ausgiebige Wärmequelle.

Fig. 71.



Beispiele. 1. Percussionspulver entzünden sich bei einem kräftigen Schlage und Knallsalze sogar beim geringsten Stoße. Zündhütchen. — Zündnadelgewehre. — Unglücksfälle.

2. Die Metalle erhitzen sich beim Hämmern und Prägen.

3. Beim Feuerschlagen mittels Stein und Stahl werden Stahlstückchen losgerissen und glühend. Die als Funken erscheinenden Stahlstückchen, mittels weißen Papiers aufgefangen, zeigen sich als oxydirte Stahlkügelchen, warum?

4. Beim Luftfeuerzeug oder pneumatischen Feuerzeug (Fig. 71) erhitzt sich die Luft, welche auf einen kleinen Raum rasch zusammengedrückt wird, dermaßen, daß sich ein am Kolben befestigter Schwamm entzünden kann.

Durch Verdünnung erkalten die Körper und ihre Umgebung.

1. Man empfindet in den Lippen Kälte, wenn man an denselben ein Kautschuckband schnell auseinander zieht.

2. Der aus dem Ventile eines Dampfkessels strömende Dunst fühlt sich, schon nahe über dem Ventile, kalt an.

3. Fließt verdichtete Luft durch enge Oeffnungen aus, so gefriert eine in den Luftstrom gebrachte kleine Menge Wassers. Hierauf beruhen die Eisapparate Gorries (1850) und Kirks (1863).

147. **Die Reibung** ist eine sehr bedeutende Wärmequelle.

1. Bohrer, Sägen, Feilen, Radschuhe erhitzen sich durch die Reibung; eben so ungeschmierte Axen, Zapfen, Streichhölzchen. — Feuerzeuge der Wilden.

2. Gebräunte Reifchen an Drechslerarbeiten durch Reibung erzeugt.

3. Rumford brachte durch mäßig schnelle Drehung von Metall in Metall 10 Kilogramme Wasser zum Kochen.

4. Beim Frictions-Kochapparat von Beaumont und Mayer (1855) wird ein mit geöltem Hanf überzogener Holzkegel an den Wänden eines hohlen Messingkegels mittels rascher Drehung so mächtig gerieben und dadurch so viel Wärme entwickelt, welche der Messingkegel an ihn umspülendes Wasser abgibt, daß von letzterem 400 Liter nach einigen Stunden in's Sieden gerathen.

148. **Die Absorption** der Gase durch ihre Verdichtung in den Poren macht Wärme frei, so daß es zuweilen zur Selbstentzündung der Stoffe kommt.

Frisches Holzkohlenpulver, getheerte Stricke entzünden sich nicht selten von selbst.

149. **Das Platinschwamm-Wasserstoff-Feuerzeug nach Döbereiner** (1823). Der Platinschwamm absorbirt sehr viel Sauerstoff aus der atmosphärischen Luft und verdichtet ihn in seinen Poren. Läßt man nun (Fig. 72) durch Oeffnen des Hahnes a den Wasserstoff,

welcher in der unten offenen Flasche cc vorräthig ist, auf den Platinschwamm in e strömen, so wird auch dieser vom Platinschwamm stark absorbirt. Dabei tritt so viel Wärme auf, daß der Platinschwamm erglüht, wodurch sich der Wasserstoff entzündet.

Fig. 72.



Der vorhandene Wasserstoff wurde dadurch gewonnen, daß anfänglich das Zinkstück z mit verdünnter Schwefelsäure in Berührung war. Es entwickelte sich Wasserstoff, der das Wasser herabdrückte, so daß das Zink außer Berührung mit der Flüssigkeit gerieth, wodurch die Gasentwicklung aufhörte, und der Wasserstoff gesammelt blieb.

Knallgas entzündet sich, wenn man Platinschwamm hineinwirft; warum?

150. **Chemische Vorgänge als Wärmequellen.** Die chemischen Vorgänge sind meistens reiche Wärmequellen.

1. Bringt man zu frisch geglühtem Kalk etwas Wasser, so wird jener sehr heiß, derart, daß ein Ei darin hart gekocht und Schießpulver entzündet werden kann.

2. Mit Schwefelsäure zusammengebracht wird Kalk glühend heiß. — Gießt man zu Schwefelsäure Wasser, so wird die Mischung sehr warm.

3. Schüttet man rauchende Salpetersäure mit etwas Schwefelsäure in Terpentinöl, so entflammt sich letzteres.

4. Schwefelsäure mit chlorsaurem Kali zusammengebracht, liefert so viel Wärme, daß sich Schwefel dadurch entzündet. Hierauf beruheten ehedem die Tunk-Zündhölzchen mit einem Köpfchen, dessen Hauptbestandtheile chlorsaures Kali war, und mit dem sie in Schwefelsäure getunkt wurden. Die Schwefelsäure war von Asbest aufgesaugt in kleinen Fläschchen enthalten; warum ersteres? — Um dem Verschütten vorzubeugen.

151. **Das Anzünden.** Zum Verbrennen (§. 56) ist erforderlich, daß man den Brennstoff anzünde, d. i. daß man ihn bis zu einem, von seiner materiellen Beschaffenheit und von dem umgebenden Mittel abhängigen Grade erwärme. Dieser Wärmegrad heißt Zündpunkt.

1. Leichtentzündliche Körper, z. B. Phosphor, Phosphorwasserstoffgas u. a. m. Zunder und Zündschwamm, dessen Beitzung.

2. Schießpulver mit Glasstaub gemengt explodirt nicht, weil letzteres die zur Entzündung erforderliche Wärme schlecht weiter leitet. Hierauf beruhend hat man ungefährliche Aufbewahrungsweisen des Schießpulvers vorgeschlagen. Unmittelbar vor dem Gebrauche wird das Glasklein mittels Sieben zurückgehalten, während das feinere Pulver durchfällt oder umgekehrt.

3. Sehr leicht brennt der Dampf des Alkohols, des Petroleums. Bei derartigen Stoffen hängt der Zündpunkt vom Siedepunkte ab; je tiefer letzterer ist, desto entzündlicher ist die Materie. Um ein schwerer entzündliches Petroleum herzustellen, destillirt man die leichter verdampfbaren Theile desselben für andere Zwecke ab.

152. **Das Weiterbrennen.** Ist die Verbrennung eingeleitet, so wird meistens durch dieselbe mehr Wärme entwickelt, als zum Fortbrennen erforderlich ist. Ueberdies ist zur Unterhaltung des Verbrennens nothwendig, daß der Brennstoff mit einer hinreichenden

Menge Sauerstoff, also auch mit der atmosphärischen Luft, in Berührung bleibe. Daraus lassen sich die Regeln bei Feuerungen erklären.

1. Leicht brennbare Stoffe brennen frei und ohne künstlichen Zug.

2. Bei schwerer brennbaren Materien z. B. Steinkohlen, Anthracit, Coaks &c. muß man, wenn die Verbrennung lebhaft sein soll, einen künstlichen Zug schaffen.

3. Das Anfachen der Feuer mittels verdichteter Luft aus Gebläsen bezweckt — für die gleiche Zeit — einen reicheren Zufluß von Sauerstoff.

4. Der Verbrennungsprozeß der Hochöfen, Frischfeuer u. s. w. wird durch Anblasen mit heißer Luft beschleunigt. Bei der verbesserten Glasbläserlampe von Mohr (1853) erhitzt sich die Luft des Gebläses, bevor sie an die Flamme tritt, in einer über der Flamme gewundenen Ausflußröhre.

5. Beschreibet die Luftzug-Vorrichtungen der Heiz- und Kochöfen eurer Wohnung! Versuchet mit raschem Erfolg einzuheizen! Beobachtet die Feuerung der Schmiede!

153. **Flammen und Glühen.** Brennbare Gase oder solche fette und tropfbare Körper, aus welchen sich beim Erhitzen brennbare Gase entwickeln, verbrennen mit Flamme, z. B. Kerzen, Papier, Holz, Oele o. dgl. Feuerbeständige, nicht flüchtige Körper — z. B. entgaste Kohle, die meisten Metalle — verbrennen glühend.

Je nachdem man bei der Verbrennung die Wärme oder das Licht nutzbar macht, nennt man sie Heizung oder Beleuchtung.

Die bei der Verbrennung entweichenden Gase, d. i. Kohlensäure, Wasserdampf und Stickstoff, geben mit den fortgerissenen, noch unverbrannten Kohlentheilchen den Rauch. Die mineralischen Reste des Brennmaterials liefern die Asche. — Aschenlauge.

154. **Das Hindern der Verbrennung.** Die Mittel, das Feuer zu löschen, sind jenen, es fortdauern zu lassen, entgegengesetzt.

Man erkaltet daher den brennenden Körper unter jenen Wärmegrad, welchen er zum Verbrennen nöthig hat; man hemmt das Zutreten von Sauerstoff, also auch der atmosphärischen Luft, oder man umgibt ihn mit Gasen, welche das Brennen zu unterhalten nicht im Stande sind.

Beispiele. 1. Gießt man viel Wasser auf einmal in's Feuer, so kühlt es die brennenden Körper, durch seine tiefere Temperatur und durch seine rasche Verdampfung, ab. Ueberdieß umhüllt es den Brennstoff, wodurch dessen Berührung mit dem Sauerstoffe der Luft gehemmt wird. Das Feuer erlischt. — Annäßen der noch nicht brennenden Umgebung bei mächtigen Schadenfeuern.

2. Spritzt man nur wenig Wasser in's Feuer, so zersetzen die glühenden Körper das Wasser in Sauer- und Wasserstoff. Nun verbrennen die glühenden Körper mit diesem Sauerstoff noch besser. Und auch der Wasserstoff verbrennt mit dem Sauerstoffe der atmosphärischen Luft. Hierauf beruhet das Anspritzen des Kohlenfeuers der Schmiede, Schlosser &c.

3. Beim brennenden Fett, Spiritus u. dgl. m. sinkt das dichtere Wasser rasch hinab und läßt die brennenden Körper unbedeckt. Ferner verwandelt das heiße Fett die ihm nächste Wasserschichte in Dämpfe, welche das brennende Fett wegschleudern. Fällt dieses auf brennbare Stoffe, so entsteht ein neues Schadenfeuer.

4. Das beste Löschmittel ist die dichte Bedeckung des brennenden Fettes, Spiritus u. dgl. mit Asche, Sand, Erde; wie so? — Löschen vermittels Häckerling.

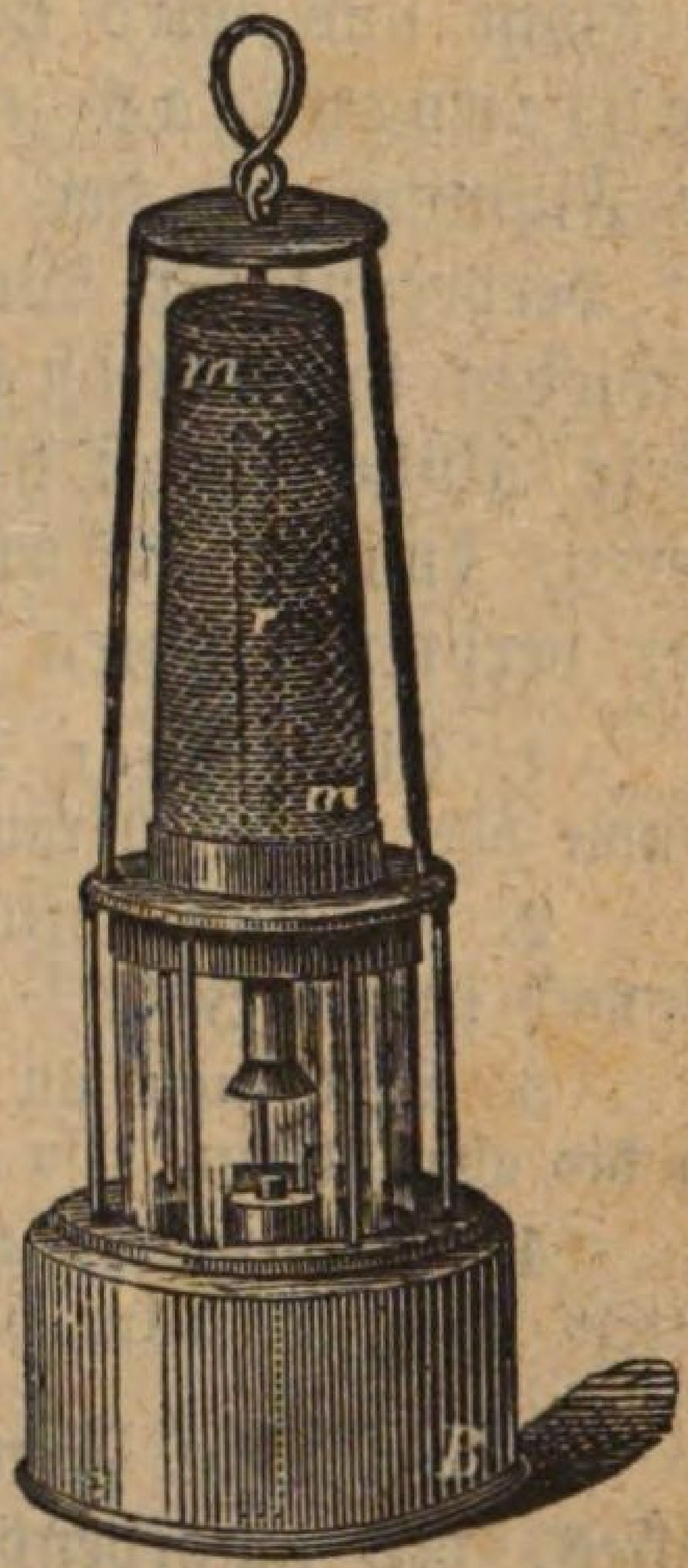
5. Der brennende Ruß in einem Schornsteine wird gelöscht, wenn man die obere Mündung des letzteren mit nassen Kotzen o. dgl. luftdicht verschließt; wie kommt dies? Ferner, wenn man an der unteren Mündung durch Anzünden von Schwefel schwefligsaures Gas entwickelt, welches zum Unterhalten des Feuers untauglich ist. — Auslöschen durch Schüße. — Löschen mit Kohlensäure. — Löschpulver.

Fig. 73.



6. Eine brennende Kerze erlischt, wenn sie in einem Glascylinder so steht, daß unten keine Luft zutreten kann. Stellt man das Glas auf Klötzchen, so kann die Flamme weiter brennen; wie kommt beides?

Fig. 74.



155. **Davy's Sicherheitslampe aus engem Drahtgeflecht.** Hält man (Fig. 73) ein enggeflochtenes Netz aus feinem Drahte quer in eine Weingeistflamme, so entziehen diese feinen Metallfäden, als vorzügliche Wärmeleiter, der Flamme rasch die Wärme, und erkalten sie derart, daß sie oberhalb des Drahtes auslischt — die Flamme erscheint daher wie abgeschnitten.

Macht man aus einem engmaschigen, feinen Drahtnetze eine Laterne (Fig. 74) und bringt sie in Knallgasarten oder in Spiritusdämpfe, so dringen diese in das Innere der Laterne und verbrennen hier, ohne daß sich die Entzündung nach außen fortpflanzen kann.

Eine derartige Laterne wird in Bergwerken gebraucht, um das Entflammen der brennbaren Gase, d. i. der „schlagenden Wetter", zu vermeiden.

1. Die Sicherheitslampe ist verschlossen und läßt sich nur von außen regeln; warum? — Davy's Lampe erfunden 1816.

2. Anwendung der Drahtlampe in Lagern für Spiritus, Petroleum 2c.; warum?

3. Drahtnetzkleider und Drahtnetzmasken (Sicherheitspanzer) und ebenso Draht-Vorhänge (Sicherheits-Courtinen) in Theatern als Schutz gegen Flammenfeuer. — Aehnliche Roste als Funkenfänger.

156. **Die Verbrennung als Lichtquelle.** Das Leuchten eines verbrennenden Stoffes hängt vorzüglich von dem Glühen seiner festen Theilchen ab, ferner von seiner materiellen Beschaffenheit und von der Vollständigkeit des Verbrennungsprozesses. Gekohlte Wasserstoffgase leuchten bei ihrem vollkommenen Verbrennen heller als reine.

1. In der gewöhnlichen Kerzenflamme leuchten glühende Kohlentheilchen. Eine Weingeistflamme ist kohlenstoffarm, daher wenig leuchtend. Sie wirkt aber erhellend, wenn man in derselben Metalldrähte erglühen läßt.

2. Durch Umgebung der schwach leuchtenden Wasserstoffgasflamme mit feinem Platindraht erhält man starkes Licht. — Gillard's Wasserstofflampe.

3. Davy hat hievon Anwendung auf seine Sicherheitslampe gemacht, bei der ein Platindraht fortglüht, nachdem die Flamme durch Explosion erloschen ist.

4. Wenn man Wasserstoffgas durch Terpentin oder Theeröl etc. leitet, so nimmt es Theile dieser Substanzen auf, die bei ihrer nachherigen Zersetzung Kohlenstoff ausscheiden, der mitglüht und leuchtet.

5. Beim Drummond'schen Licht wird Kalk, Magnesia u. dgl., durch die heißeste aller Flammen, in die höchste Weißgluht gebracht.

157. **Hauptheile einer Flamme.** Beim Brennen einer Lampe oder einer Kerze steigt das von Natur flüssige oder das geschmolzene Leuchtmaterial, vermöge der Haarröhrchenwirkung des Dochtes, in die Höhe und wird hier, von der Wärme der Flamme, in Leuchtgas und Kohlenoxydgas zerlegt. Diese bilden den inneren, dunkeln „Kern" der Flamme. In der nächsten darüber befindlichen Hülle oder im „Mantel" verbrennt der Wasserstoff des Leuchtgases, wobei Kohlentheilchen ausgeschieden und weißglühend werden; daher hier das stärkste Leuchten! Diese glühenden Theilchen verbrennen endlich in dem sehr schmalen, oberen, dunkeln „Saume" zu Kohlensäure. Das Kohlenoxydgas aber verbrennt unten am Dochte und bildet einen blauen Ring.

1. Ein feiner Draht erglüht im Kern gar nicht, im Mantel roth, im Saume aber weiß. Daraus folgt, daß im Saume die größte Hitze herrscht.

2. Im Kern entzündet sich selbst das Phosphorköpfchen eines Streichhölzchens erst nach einiger Zeit. — Versuch.

3. Läßt man an einer kalten Porzellantasse die Flamme ausbreiten, so legen sich die abgekühlten, also unverbrannten Kohlentheilchen als Ruß an dieselbe.

4. Gasbeleuchtung und deren Surrogate. — Parallele mit der Beleuchtung mittels Talg, Stearin, Paraffin, Wachs, Oel, Petroleum 2c.

158. **Die Farbe** einer Flamme hängt von der Natur des Brennstoffes, des umgebenden Gases und vom Grade der Vollkommenheit des Verbrennens ab. Alle unvollkommen verbrennenden Körper geben, nach Brewster, gelbes Licht.

1. Arsenik, Zink, Aluminium und Magnesium geben beim Verbrennen weißes Licht, Selen azurblaues, Natronsalze gelbes, Kalisalze blaß violettes, Kalksalze ziegelrothes, Strontiansalze carmoisinrothes 2c. Licht. — Weingeist, welcher Borsäure oder salpetersaures Kupferoxyd enthält, flammt grün; gelb hingegen, wenn in der Flamme Kochsalztheilchen erglühen. — Leichenflammen.

2. Schwefel brennt in atmosphärischer Luft bläulich, im Sauerstoff violett, in Stickoxydulgas gelblich roth u. s. w.

3. Man kann auch die Zusätze so wählen, daß die complementären Farben zusammen eine weiße Flamme geben. — Siehe Optik.

159. **Die Lebenswärme** stammt von einer chemischen Verbindung des Blutes mit dem Sauerstoff der Luft. Das Athmen gleicht einer langsamen Verbrennung ohne Lichterscheinung.

Bei dieser langsamen Verbrennung verbinden sich der Kohlenstoff und Wasserstoff des Thierkörpers mit dem eingeathmeten Sauerstoffe der atmosphärischen Luft zu Kohlensäure und Wasser.

Die Kohlensäure und der Wasserdampf werden ausgeathmet, und das Wasser überdies durch die Haut ausgedünstet (ausgeschwitzt).

Auch noch andere Bestandtheile des thierischen Körpers gehen mit flüssigen oder festen Excrementen weg. Für diesen Ausfall bekommt der Thierkörper Ersatz durch die Nahrungsmittel.

Diese sind entweder blutbildend oder sie sind Respirationsmittel. Nur die ersteren sind eigentlich nährend und sie müssen stickstoffhältig sein, wie Eiweiß, Fibrin, Caseïn. Zu Respirationsmitteln eignen sich die stickstofflosen Materien, wie Zucker, Weingeist, Fett, welche kein Blut zu erzeugen vermögen, sondern nur zu Kohlensäure langsam verbrennen, wodurch das Blut warm wird.

Die vorzüglichsten Nahrungsmittel sind jene, welche sowol die erwärmenden, als blut- und knochenbildenden Bestandtheile enthalten, wie: Getreidekörner, Hülsenfrüchte, Milch, das mit Fett gemischte Fleisch, Eier und Blut. Reis und Kartoffeln besitzen wenig blutbildenden Nahrungsstoff, daher müssen größere Mengen davon aufgenommen werden.

Zur Knochenbildung gehört der phosphorsaure Kalk.

Bei gesteigerter Bewegung oder Arbeit werden mehr leblos gewordene Theile des Körpers ausgeschieden, man braucht daher eine größere Menge Nahrung. Je mehr Sauerstoff von einem thierischen oder menschlichen Körper verzehrt wird, je mehr Wärme er nach außen abgibt, desto mehr Respirationsmittel muß er verzehren. Und umgekehrt: Je mehr Respirationsmittel er aufnimmt, desto mehr Wärme entwickelt er.

Im Winter und in kalten Ländern hat man mehr Nahrung nöthig, ebenso, wegen der Hautrespiration, nach dem Baden.

Der Dachs respirirt im Winter vom eigenen Fett.

Beim Menschen, bei den Säugethieren und Vögeln ist die Temperatur constant (homöotherme Thiere), bei den kaltblütigen Thieren wechselt sie mit dem Wärmezustand der Umgebung (pökilotherme Thiere). Bei beiden Arten ist jedoch die Temperatur ihres Blutes höher als jene des Mittels, in dem sie leben. An letzteres geben sie ihre Wärme theils durch Leitung, theils durch Strahlung ab. Die Natur hat gegen einen allzugroßen Wärmeverlust vorgesorgt (§. 96).

Die normale Temperatur beträgt 37° C. beim Menschen. Klima, Alter u. dgl. m. verändern die Lebenswärme der warmblütigen Thiere und des Menschen nur wenig. Selbst in den hitzigsten Fiebern der Menschen erreicht die Temperatur höchstens 40–42° C.

Ueber die höchst feinen, eigenthümlich eingerichteten Thermometer der Physiologen und Aerzte.

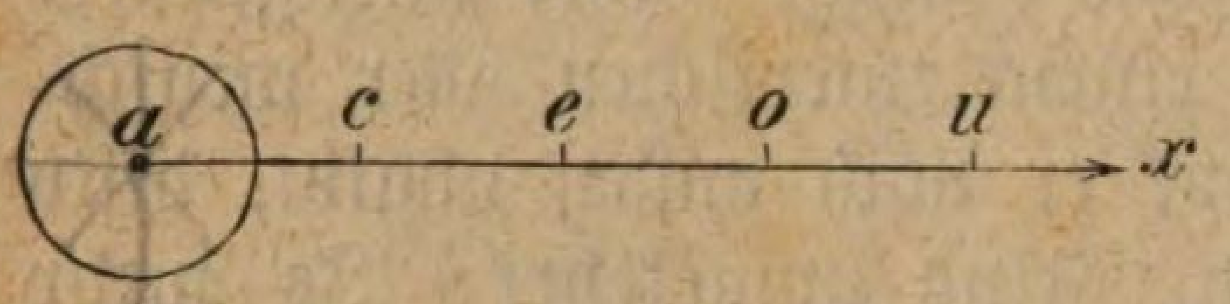
V.

Die Mechanik.

A. Arten der Kräfte und Geschwindigkeiten.

160. **Kraft.** Die Ursache einer jeden Bewegung heißt Kraft.

Fig. 75.



161. **Der Angriffspunkt** einer Kraft ist derjenige Ort *a* eines Körpers (Fig. 75), auf welchen die Kraft unmittelbar wirkt.

Beim Studium der Bewegung eines Körpers braucht man nur den Angriffspunkt, d. i. einen einzigen materiellen Punkt, zu beachten, weil diesem der ganze Körper, vermöge der Cohäsion, folgt.

162. **Die Richtung** einer Kraft ist die gerade Linie *ax*, nach welcher sie den Angriffspunkt *a* bewegt oder zu bewegen sucht.

163. **Die Größe** einer Kraft kann man nur nach ihrer Wirkung schätzen.

Eine Kraft ist 2, 3, 4...*n*mal so groß, als eine andere, wenn ihre Wirkung 2, 3, 4...*n*mal so stark ist.

Nimmt man irgend eine Kraft als Einheit an, oder stellt sie durch eine Gerade vor, so kann eine 2, 3, 4...*n*mal größere Kraft durch eine 2, 3, 4...*n*mal größere Zahl oder durch eine 2, 3, 4...*n*mal längere gerade Linie ausgedrückt werden.

Stellt *ac* (Fig. 75) die Einheit der Kraft vor, so bedeutet *ae* eine zweimal, *ao* eine dreimal so große Kraft — vorausgesetzt, daß $ac = ce = eo$ ist.

164. **Gleichförmige Bewegung.** Man nehme an, der bewegliche Punkt *a* (Fig. 75) werde von einer Kraft in der Richtung *ax* gestoßen, so bewegt er sich nach dieser Richtung.

Es sei *ac* der Weg, den der Punkt *a* (Fig. 75), vermöge eines Stoßes, in der ersten Secunde zurücklegt; so muß er, vermöge seiner Trägheit, in der zweiten Secunde einen eben so großen Weg *eo* in gerader Linie beschreiben.

Eine jede Bewegung, bei welcher ein Bewegliches in gleichen Zeiten gleiche Wege zurücklegt, heißt gleichförmige Bewegung.

165. **Momentane Kraft.** Jede Kraft, die auf einen Punkt nur während einer unmeßbar kurzen Zeit wirkt, und ihn dann seiner Trägheit überläßt, heißt momentan. — Stoß, Wurf.

Eine momentane Kraft, wenn ihr nicht Hindernisse entgegen wirken, erzeugt nur eine gleichförmige und geradlinige Bewegung.

166. **Geschwindigkeit.** Man gelangt zu dem Begriffe der Geschwindigkeit, wenn man den durchlaufenen Weg mit der dazu verwendeten Zeit vergleicht. — Beispiele.

Das Maß der Geschwindigkeit bei einer gleichförmigen Bewegung ist der in einer Sekunde zurückgelegte Weg.

1. Die Geschwindigkeit des Schalles beträgt 332·8 Meter (1053 Fuß), jene des Lichtes 312.000 Kilometer (nahezu 42.000 Meilen). Dies heißt: Der Schall legt in einer Sekunde 332·8 Meter und das Licht 312.000 Kilometer zurück.

2. Die Geschwindigkeit einer Fliege ist 1·5 Meter, wenn sie gejagt wird 9 Meter, der gewöhnlichen Bahnzüge etwa 9 Meter, eines Sturmwindes 14—20 Meter, eines Windhundes 26 Meter, einer abgeschossenen Kanonenkugel im Anfange 570 Meter d. h.?

167. **Man berechnet die Geschwindigkeit** bei einer gleichförmigen Bewegung, wenn man die Länge des Weges durch die Anzahl der Sekunden dividirt, welche diese Bewegung gedauert hat. — Beispiele. — Aufgaben.

168. **Berechnung der Strecke.** Es sei 6 Meter die Geschwindigkeit, mit welcher ein Punkt gleichförmig fortschreitet, so wird er in 2, 3, 4 Sekunden die Wege 2mal 6, 3mal 6, 4mal 6 Meter zurücklegen.

Es ergibt sich also für eine gleichförmige Bewegung die Länge des Weges, wenn man die Geschwindigkeit mit jener Anzahl Sekunden multiplizirt, für welche man die Strecke berechnen will.

Beispiele und Aufgaben.

169. **Berechnung der Zeit.** Man findet die zu einer bestimmten gleichförmigen Bewegung verbrauchte Zeit, wenn man die Länge des Weges durch die Geschwindigkeit dividirt.

Beispiele und Aufgaben.

170. **Continuirliche Kraft.** Eine jede Kraft, welche während einer meßbaren Zeit auf einen Punkt oder einen Körper wirkt, heißt continuirlich. — Zug- und Druckkraft.

171. **Constant oder beständig** sind jene continuirlichen Kräfte, welche mit stets gleich bleibender Stärke thätig sind.

172. **Gleichförmig beschleunigt** heißt jene Bewegung, bei welcher die Geschwindigkeit am Ende der 2ten, 3ten, 4ten Sekunde ... 2mal, 3mal, 4mal so groß als am Ende der 1ten Sekunde ist. Bei einer solchen Bewegung wächst also die Geschwindigkeit in demselben Verhältnisse wie die Zeit.

Jede constante Kraft bewirkt, wenn ihr nicht andere Kräfte entgegenarbeiten, eine gleichförmig beschleunigte Bewegung.

173. **Endgeschwindigkeit oder Acceleration.** Bei der gleichförmig beschleunigten Bewegung kann man nur von jener Geschwindigkeit sprechen, welche am Ende der, seit dem Beginne der Bewegung, verflossenen Zeit stattfindet. Sie heißt Endgeschwindigkeit. Dieselbe wird durch die Länge des Weges ausgedrückt, welche der Punkt in der nächsten Sekunde beschreiben würde, wenn er mit dieser Geschwindigkeit gleichförmig sich fortbewegte. — Beispiele.

Die Endgeschwindigkeit der *ersten* Sekunde heißt die *Beschleunigung* oder die *Acceleration*.

174. **Die Bewegungsgröße** erhält man, wenn die Masse oder das Gewicht eines bewegten Körpers mit seiner Geschwindigkeit multiplizirt wird.

Mit der Bewegungsgröße wirkt der Körper auf andere Massen, die ihn in der Bewegung hemmen wollen; z. B. beim *Stoße*. — Beispiele.

B. Das Zusammensetzen und Zerlegen der Kräfte.

1. Das Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften, die einen und denselben Angriffspunkt haben.

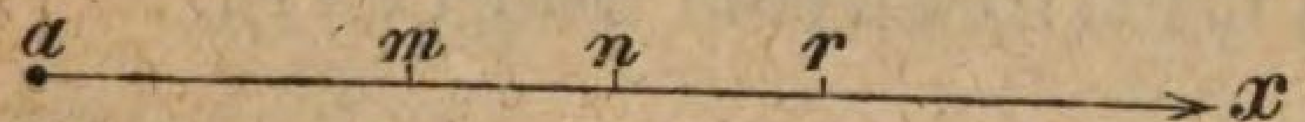
175. **Resultirende und Componenten.** Wirken mehrere Kräfte *gleichzeitig* auf einen frei beweglichen Punkt, so ist es möglich, das, was diese Kräfte zusammen leisten, durch eine *einzige* Kraft hervorzubringen. Diese Kraft heißt die *Mittelkraft* oder *Resultirende* jener Kräfte.

Die einzelnen Kräfte nennt man *Seitenkräfte* oder *Componenten*.

Für mehrere Kräfte die Resultirende suchen, heißt die Kräfte *zusammensetzen*.

176. **Summe der Kräfte.** Ergreifen (Fig. 76) den Punkt a *mehrere* Kräfte am, an, ar, nach *einer und derselben* Richtung ax; so hat auch die Resultirende die *nämliche* Richtung ax und ihre Größe ist gleich der *Summe* der einzelnen Kräfte.

Fig. 76.



In Zeichen: R = am + an + ar.

Die *Geschwindigkeit*, mit welcher der Punkt a sich bewegt, ist gleich der *Summe* jener *Geschwindigkeiten*, welche ihm jede einzelne Kraft zu ertheilen im Stande wäre.

2, 3, 4 gleich stark wirkende Dampfmaschinen ziehen den Wagenzug mit 2-, 3-, 4facher Kraft und ertheilen ihm eine 2-, 3-, 4fache Geschwindigkeit.

177. **Die Resultirende gleich Null.** Fassen (Fig. 77) zwei *gleiche* Kräfte einen Punkt a *nach gerade entgegengesetzten* Richtungen; so ist ihre Resultirende Null.

Fig. 77.



Man sagt dann, die Kräfte halten sich das *Gleichgewicht*, oder die *Kräfte heben sich auf*.

Der Punkt a bleibt in Folge dessen in Ruhe oder im *Gleichgewichte*.

178. **Unterschied der Kräfte.** Sind (Fig. 78) zwei ungleiche Kräfte ab und ac auf einen Punkt a nach *gerade entgegengesetzten* Richtungen thätig; so findet man ihre Resultirende, wenn man die *kleinere* Kraft von der *größeren*

Fig. 78.



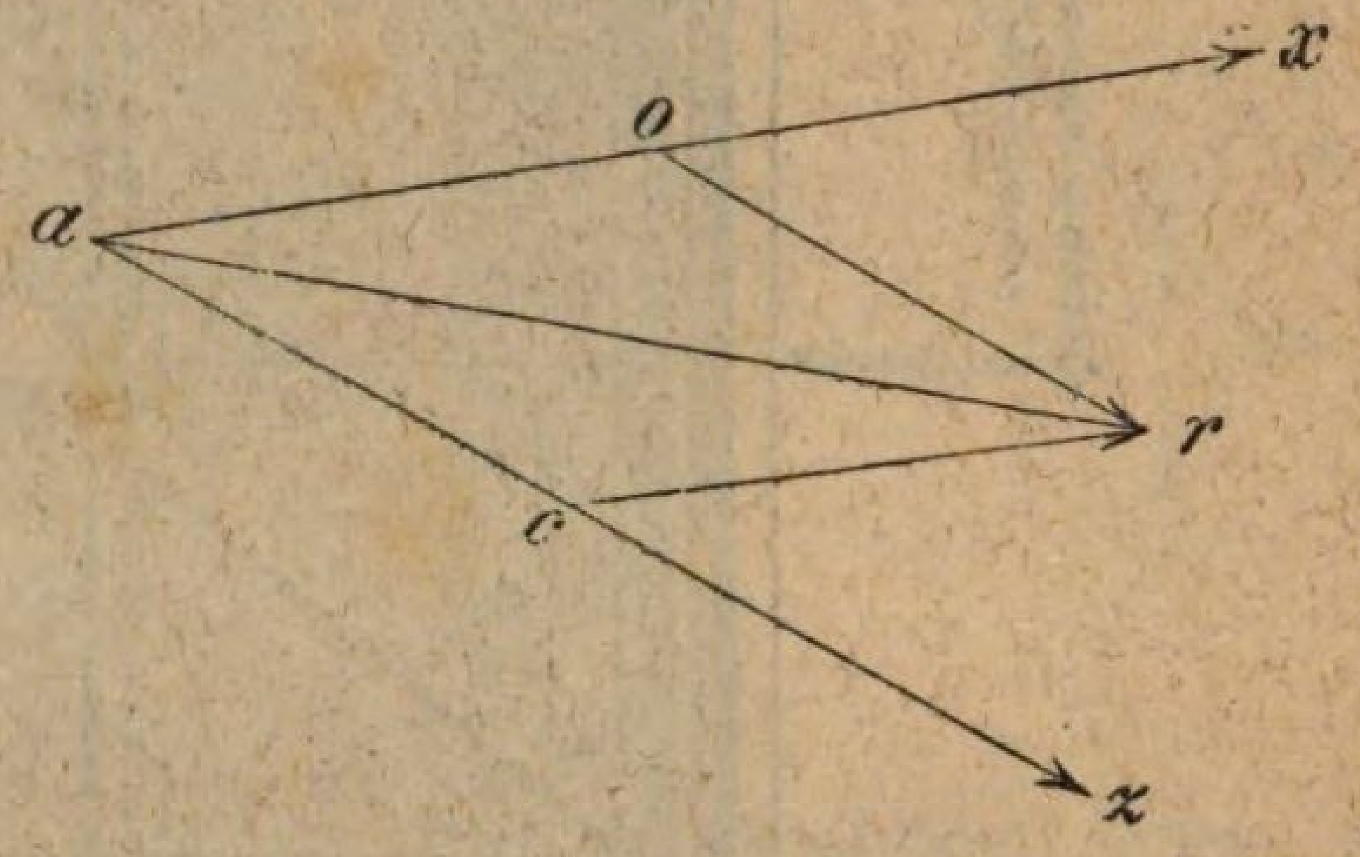
abzieht. Die kleinere Kraft ac hebt nämlich von der größeren ab einen ihr gleichen Theil ao auf; es bleibt der Rest ob, welcher nach b wirkt.

Die Geschwindigkeit, mit welcher nun der Punkt a sich bewegt, ist gleich dem Unterschiede jener Geschwindigkeiten, welche ihm jede einzelne Kraft ertheilt hätte.

Soll ein Punkt mit der Geschwindigkeit von 5 Meter vermöge der Einwirkung der einen, und mit der Geschwindigkeit von 3 Meter nach entgegengesetzter Richtung vermöge der anderen Kraft gehen; so bewegt er sich mit der Geschwindigkeit von 2 Meter nach der Richtung der größeren Kraft.

179. **Parallelogramm der Kräfte.** Wirken (Fig. 79) auf einen Punkt a zwei Kräfte, deren Größe durch ao und ac dargestellt ist, unter einem Winkel zax; so findet man die Richtung und Größe der Resultirenden, wenn man das Parallelogramm caor bildet, und von a die Diagonale ar zieht.

Fig. 79.

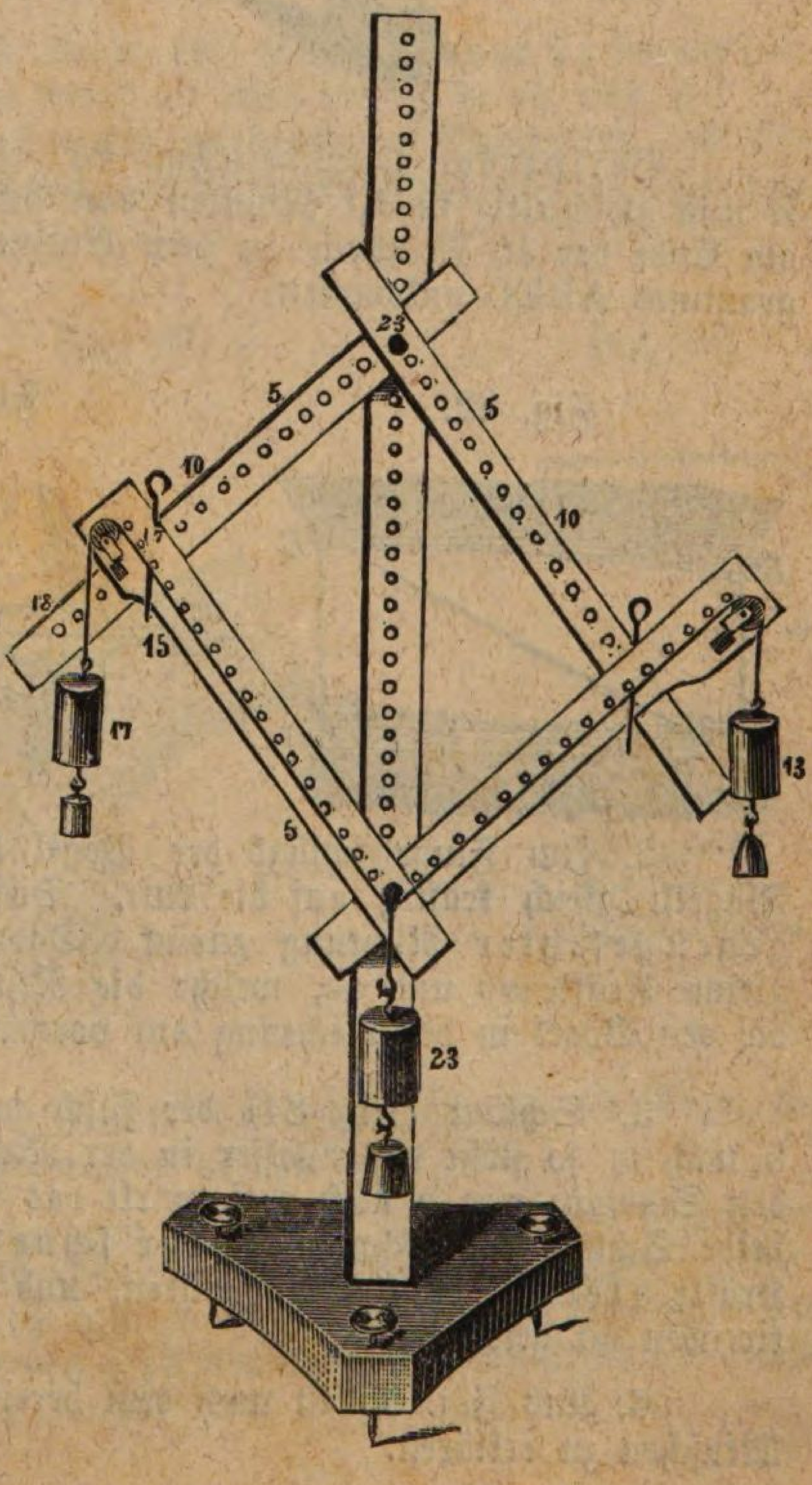


Diese Diagonale ar gibt die Richtung und Größe der Resultirenden an.

Das Parallelogramm caor heißt Kräftenparallelogramm.

Der in Fig. 80 abgebildete Apparat dient zum experimentalen Nachweis des Kräftenparallelogramms. — Erläuterungen hiezu.

Fig. 80.



180. **Geschwindigkeits-Parallelogramm.** Angenommen, der Punkt a (Fig. 79), würde, wenn auf ihn die Kraft ao allein wirkt, den Weg ao in einer Sekunde zurücklegen; gesetzt ferner, der Punkt a würde, wenn auf ihn die Kraft ac allein thätig ist, den Weg ac in einer Sekunde zurücklegen: so beschreibt er, wenn ihn beide Kräfte ac und ao gleichzeitig erfassen, den Weg ar ebenfalls in einer Sekunde.

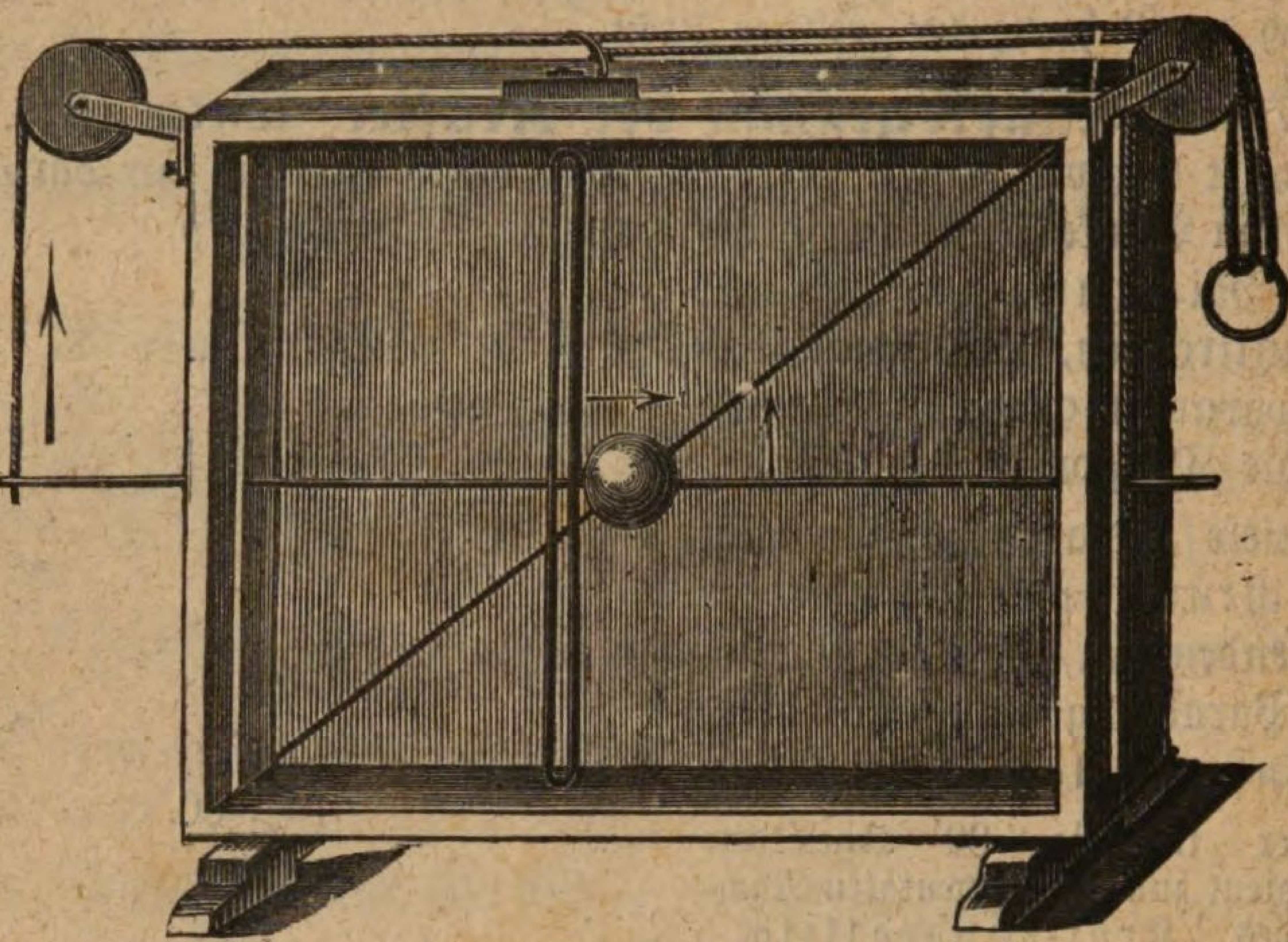
Die Diagonale ar stellt die Geschwindigkeit vor, mit welcher der Punkt unter dem Einflusse beider Kräfte sich bewegt.

In dieser Beziehung heißt das Parallelogramm caor — Geschwindigkeitsparallelogramm oder Bewegungsparallelogramm.

1. Um das Gesetz vom Kräften- und Bewegungsparallelogramm mittels Versuchen nachzuweisen, hat man verschiedene Vorrichtungen, welche Diagonalmaschinen (Fig. 80 und 81) heißen.

2. Der Satz des Kräftenparallelogramms wurde von Galilei 1638 ausgesprochen und 30 Jahre später durch Newton bewiesen.

Fig. 81.



Beispiele. 1. Wird (Fig. 82) ein Kahn vom Winde in 10 Minuten nach B und gleichzeitig in 10 Minuten von der Strömung nach C getrieben; so muß er am Ende der 10 Minuten in dem Endpunkte E der Diagonale AE des Parallelogrammes ABEC ankommen.

Fig. 82.

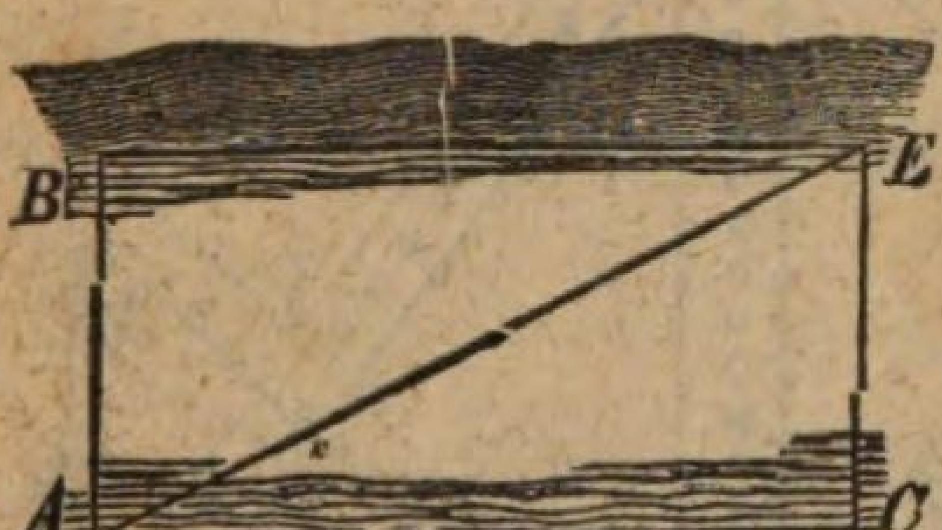


Fig. 83.

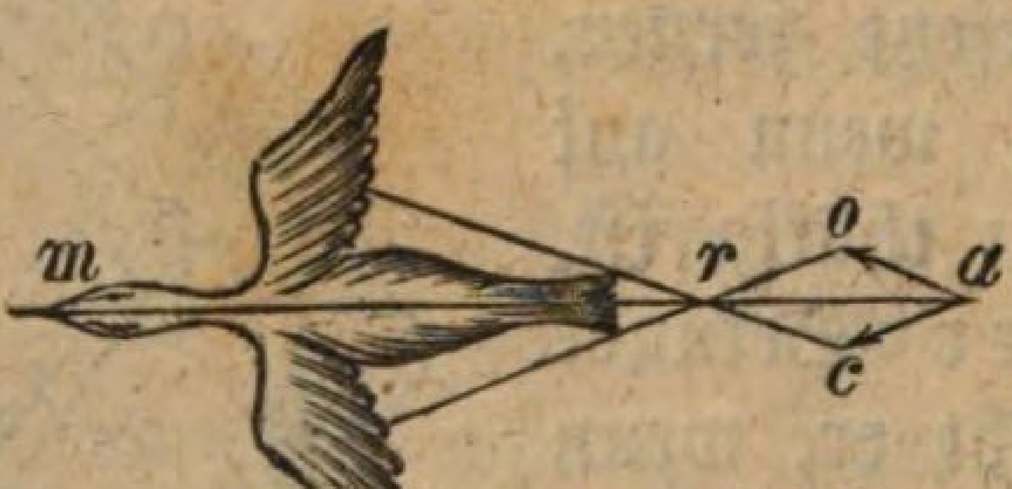


Fig. 84.



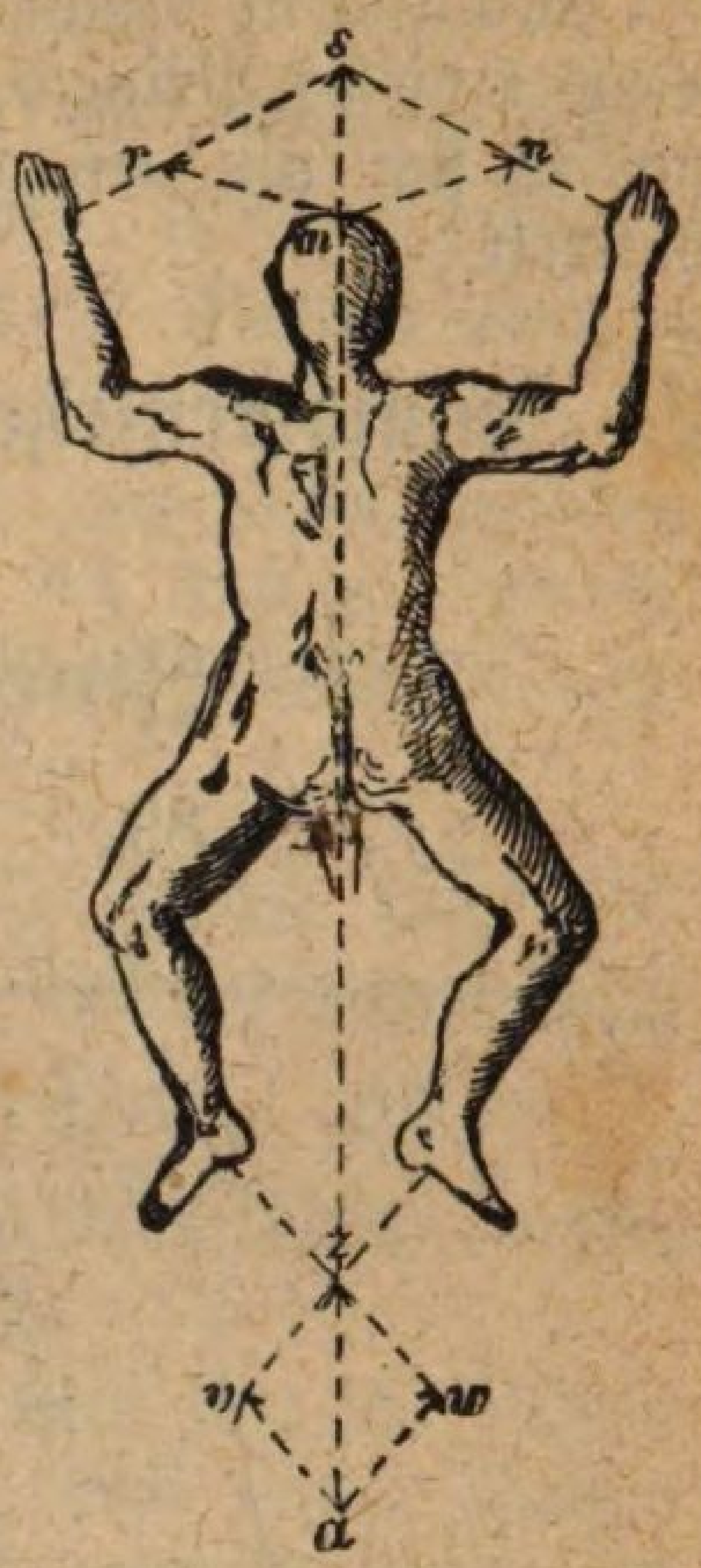
2. Im Fluge schlägt der Vogel (Fig. 83) mit den Flügeln gleich kräftig auf die Luft. Diese wirkt nach entgegengesetzter Richtung zurück. Dadurch entstehen zwei gleiche Kräfte ao und ac, welche die Resultirende ar haben, die den Vogel in der Richtung am vorwärts treibt.

3. Schlägt (Fig. 84) der Fisch mit seinem Schwanze gegen das Wasser von b nach a, so stößt das Wasser in der Richtung ab entgegen. Bewegt er dann rasch den Schwanz von c nach a, so wirkt das Wasser nach der Richtung ac zurück. Folgen beide Schläge des Schwanzes sehr schnell auf einander, so ist es so, als ob beide Kräfte gleichzeitig thätig wären, und der Fisch wird in der Richtung der Resultirenden ad getrieben.

4. Aus Fig. 85 ist nach dem bereits Erlernten das künstliche Schwimmen des Menschen zu erklären.

181. **Sollen mehrere, unter verschiedenen Winkeln auf einen Punkt wirkende Kräfte zusammengesetzt werden,** so sucht man zuerst von zwei benachbarten Kräften die Resultirende. Ist diese gefunden, so setzt man sie mit der nächsten Kraft zusammen u. s. w. u. s. w.

Fig. 85.



Anwendung bei Schiffszügen, wo die Pferde nach verschiedenen Richtungen ziehen, ferner bei Schlagwerken, wo mehrere Personen den Rammklotz mittels mehrerer Stricke, die an einem Hauptseile geknüpft sind, in die Höhe ziehen. Tactlieder hiezu.

182. **Zerlegung einer Kraft.** Es sei (Fig. 79) ar die Richtung und Größe einer Kraft, für welche man längs ax und az zwei Kräfte anbringen will, welche jene eine Kraft an Wirkung ersetzen soll. Zieht man nun vom Punkte r die Gerade ro parallel mit az und rc gleichlaufend mit ax, so werden dadurch die Stücke ao und ac abgeschnitten, welche in der Leistung der Resultirenden ar gleich sind.

Für eine Kraft mehrere Kräfte suchen, welcher jener einen Kraft an Wirkung gleich sind, heißt jene eine Kraft zerlegen.

Beispiele. 1. In Fig. 86 werde ein Schiff stromaufwärts und schief gegen das Ufer gezogen. Die Kraft ad wird zerlegt in ab und ac; ac wird durch den gegen die Seitenfläche des Schiffes vorhandenen Widerstand des Wassers aufgehoben. Das Schiff bewegt sich daher, vermöge der Kraft ab, in einer mit dem Ufer parallelen Richtung.

Fig. 86.

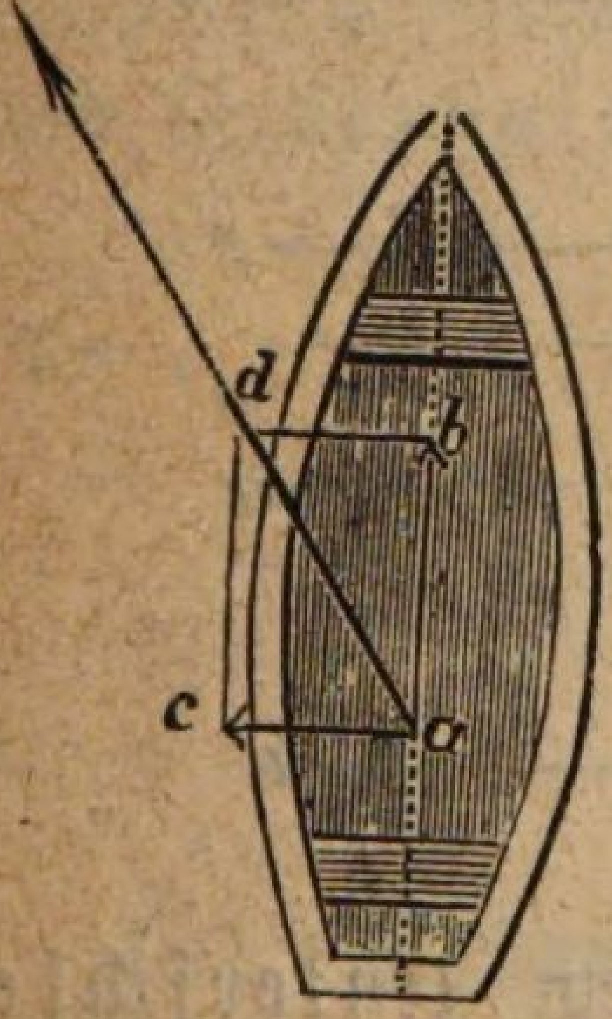


Fig. 87.

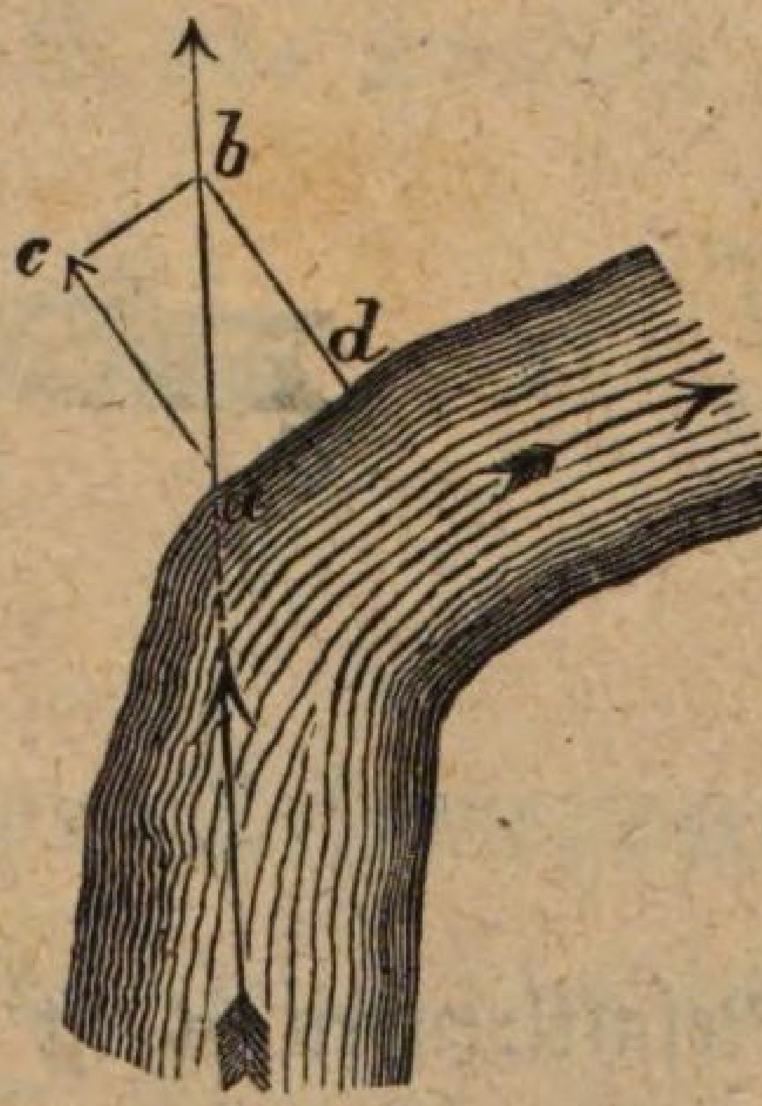
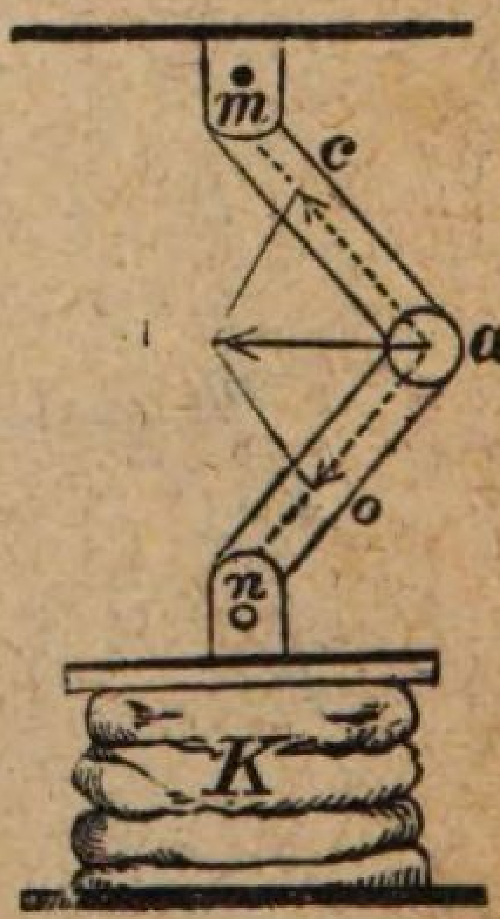


Fig. 88.



2. Aehnliche Zerlegungen als Erklärung des Steuerruders, der Segel und des „Lavirens", des Aufsteigens der Papierdrachen u. dgl. m.

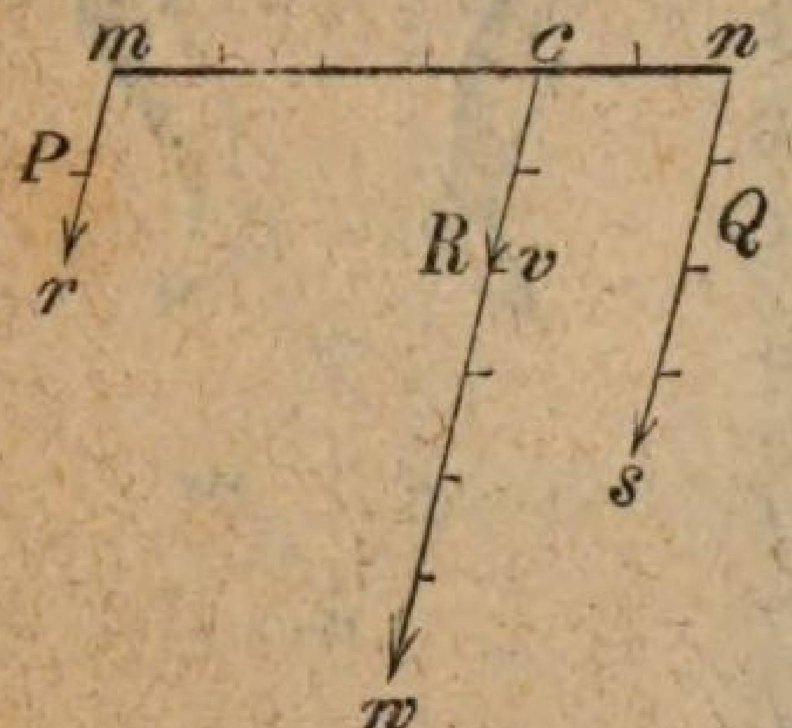
3. Man kann (Fig. 87) ab zerlegen in ac und ad; ac stößt gegen das Ufer und wirkt hier zerstörend, ad ist die Geschwindigkeit, mit der das Wasser in der neuen Richtung strömt. Weil ad kleiner als ab ist, so vermindert sich bei a die Geschwindigkeit, daher an solchen bedeutenden Krümmungen starke Gewässer anschwellen und zuweilen über dasselbe treten.

4. Bei der Kniepresse (Fig. 88) wird ar zerlegt in ac und ao, welche längs der Metallstangen am und an wirken. Sie werden um so größer, je stumpfer, bei allmäligem Nachgeben des zu pressenden Körpers K, der Winkel man wird. Man wendet dieses Princip an bei Buchdruckerpressen, Prägewerken u. s. w. und überhaupt, wo es sich um ein stetig gleichmäßiges Vermehren der pressenden Kraft handelt.

2. Zusammensetzen und Zerlegen von Kräften, welche verschiedene Angriffspunkte haben.

183. **Zwei parallele Kräfte nach derselben Seite** wirkend, haben (Fig. 89) ihre Richtungen stets in einer und derselben Ebene liegen. Tiefer gehende Betrachtungen lehren:

Fig. 89.



Die Richtung der Resultirenden R ist jener der Seitenkräfte parallel und sie zielt mit ihnen nach derselben Seite.

Die Größe der Resultirenden R gleicht der Summe der Kräfte.

Der Angriffspunkt c der Resultirenden R liegt dem Angriffspunkte n einer 2, 3, 4, 5mal größeren Kraft Q ..... 2, 3, 4, 5mal näher.

Verhält sich z. B. P : Q = 2 : 5, so muß mc : cn=5 : 2 statt haben. Ist P = Q, so ist mc = nc, d. h. c liegt in der Mitte von mn.

184. **Zwei parallele Kräfte nach entgegengesetzter Seite** wirkend. Die Richtung der Resultirenden R (Fig. 90) ist jener der Seitenkräfte P und Q gleich; sie wirkt nach derselben Seite wie die größere Kraft Q.

Fig. 90.

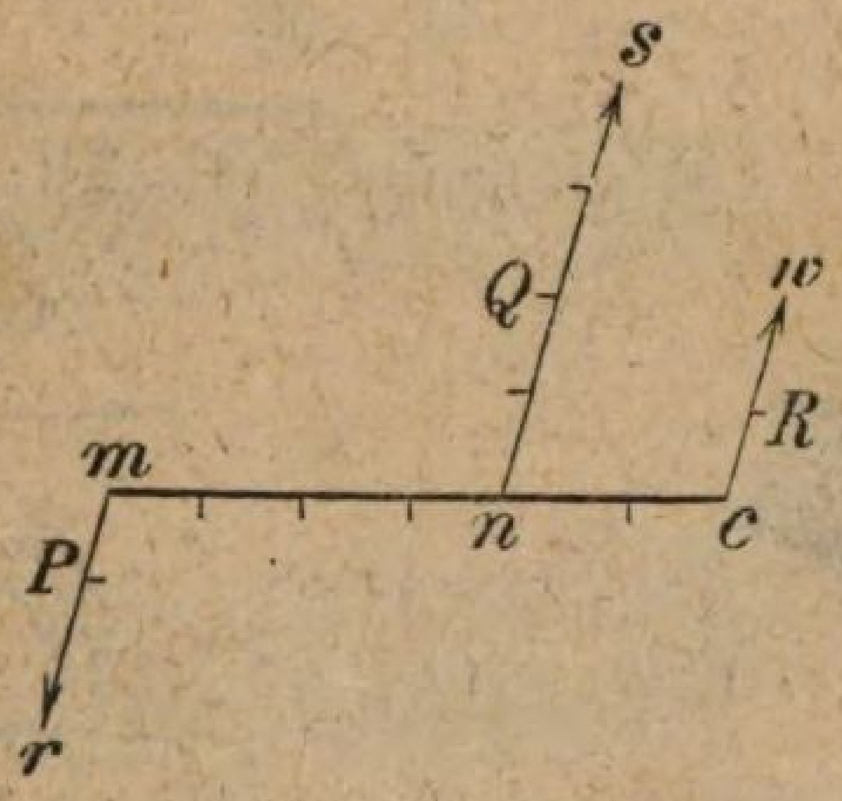
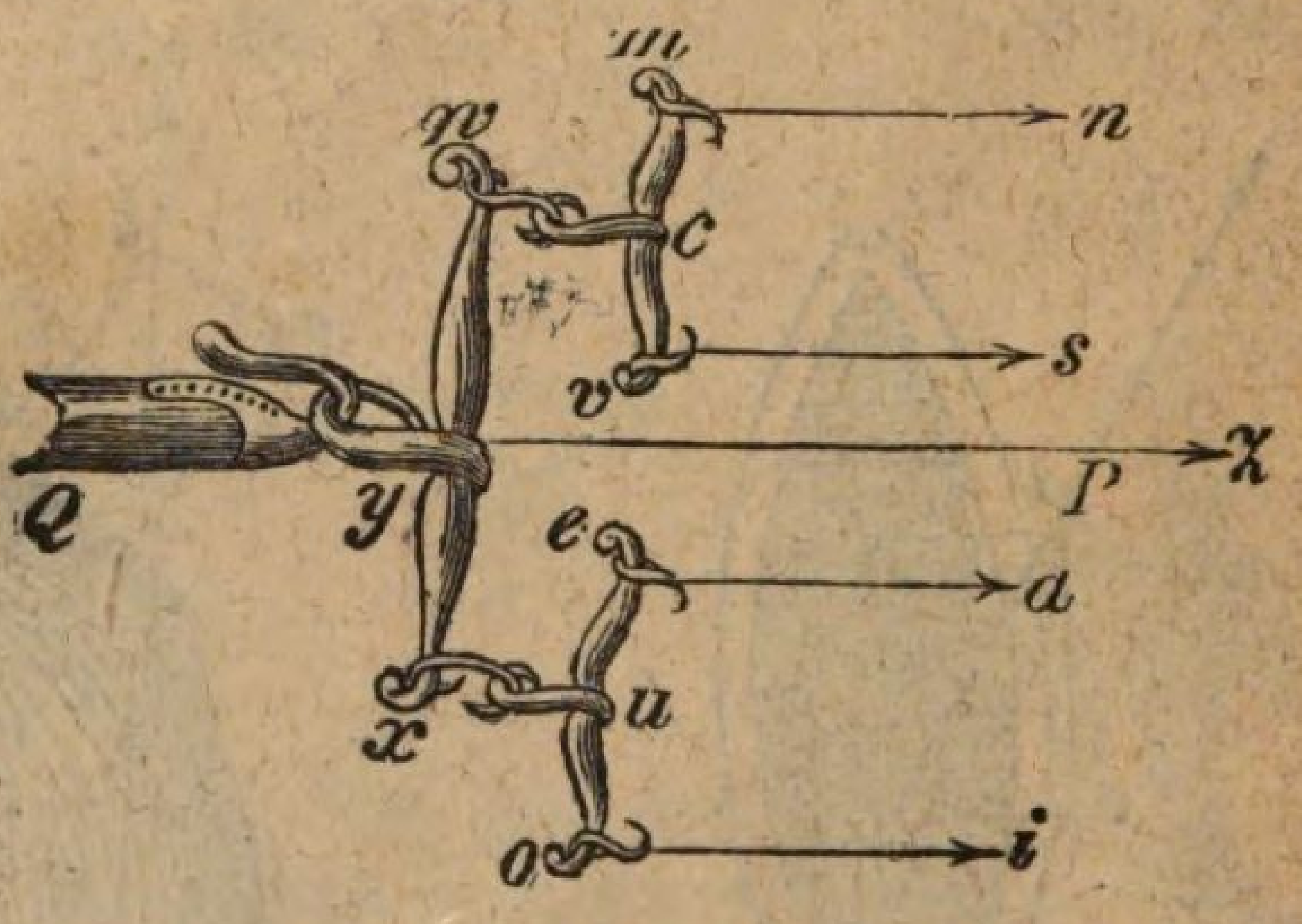


Fig. 91.



Die Größe der Resultirenden R ist gleich dem Unterschiede der einzelnen Kräfte.

Der Angriffspunkt c der Resultirenden R liegt dem Angriffspunkte n einer 2, 3, 4, 5 mal größeren Kraft Q .... 2, 3, 4, 5 mal näher. Sein Ort c ist außerhalb der beiden Angriffspunkte der einzelnen Kräfte.

185. **Mehrere parallele Kräfte** liegen nicht immer in einer und derselben Ebene. Für solche sucht man zuerst von zweien die Resul-

tirende; dann von dieser Resultirenden und der dritten Kraft die neue Resultirende u. s. w.

Die Hauptresultirende ist die Summe der einzelnen Kräfte, wenn sie nach der nämlichen Seite wirken, oder der Unterschied der Summe jener Kräfte, welche nach entgegengesetzten Seiten thätig sind.

Ein Pferd ziehe (Fig. 91), an den Strängen mn und vs, das andere an den Strängen ea und oi; ihre Resultirenden gehen in der Richtung wc und xu, welche sich zu einer Hauptresultirenden in der Richtung der Deichsel yz zusammensetzen. Es ist nun so, als wären die Pferde hinter einander gespannt.

186. **Zerlegung in parallele Kräfte.** Jede Kraft läßt sich in eine beliebige Anzahl paralleler Kräfte zerlegen, welche dann nach einer und derselben oder nach entgegengesetzten Seiten zielen.

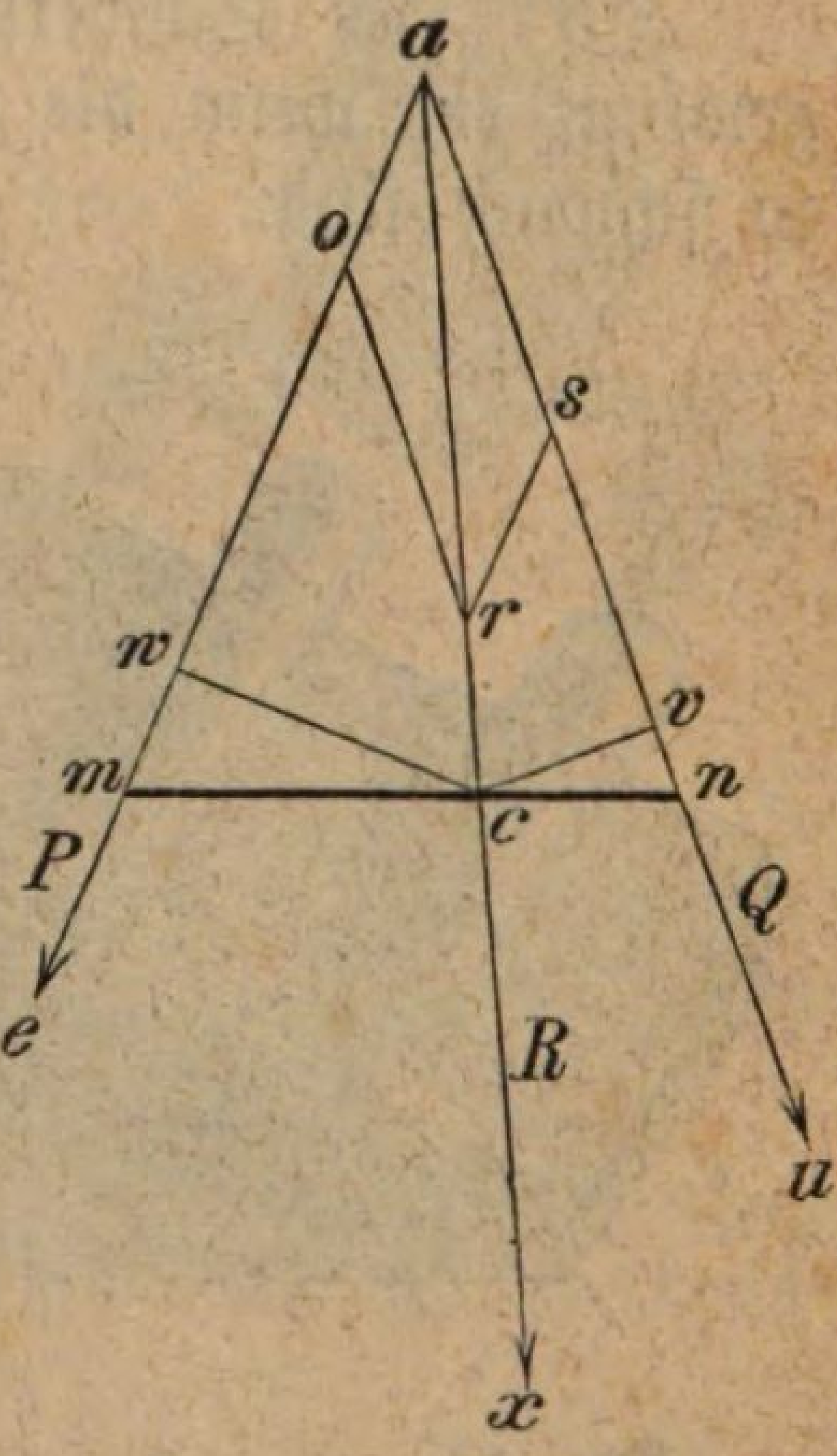
1. Zwei Stützen eines belasteten Balkens haben zusammen einen Druck auszuhalten, welcher dem Gewichte der Last gleich ist.

2. Befindet sich die Last in der Mitte eines Balkens, so wird jede der Unterlagen oder jeder Träger gleich stark gedrückt; liegt sie hingegen dem einen Träger näher, so wird dieser in demselben Verhältnisse stärker in Anspruch genommen, als die Last ihm näher ruhet.

187. **Nicht parallele Kräfte an zwei Punkten angreifend,** werden (Fig. 92) verlängert, bis sie sich in a schneiden.

Man mache ao = me und as = nu und zeichne das Parallelogramm oasr, so stellt die Diagonale ar die Richtung und Größe der Resultirenden vor. Ihre Richtung geht durch den Punkt c. Dieser Punkt ist der Angriffspunkt der Resultirenden. Er liegt so, daß die senkrechten Linien cv und cw sich verkehrt wie die Kräfte P und Q verhalten.

Fig. 92.



C. Der Schwerpunkt.

188. **Schwerpunkt.** Jedes Theilchen eines Körpers wird von der Schwerkraft in lothrechter Richtung gegen die Oberfläche der Erde gezogen. Diese parallelen Kräfte haben eine Resultirende, welche ihrer Summe gleich ist. Die Größe dieser Resultirenden gibt das absolute Gewicht des Körpers; ihr Angriffspunkt heißt Schwerpunkt oder Mittelpunkt der Masse.

Die durch den Schwerpunkt eines Körpers gehende Scheitelrechte nennt man seine Richtungs- oder Directionslinie.

Archimedes lehrte 287 v. Chr. die Hauptgesetze vom Schwerpunkte.

189. **Folgesätze.** a) Um einen Körper am Fallen zu hindern, müssen auf ihn Kräfte oder Widerstände thätig sein, welche seinem Gewichte wenigstens gleich sind und seiner Richtungslinie entgegengesetzt wirken.

b) Da der Schwerpunkt zugleich der Mittelpunkt der Masse ist, so wird er in einem Körper von gleichförmiger, symmetrischer Massenvertheilung stets in der Axe des Körpers liegen.

Beispiele. 1. Regelmäßige Polygone, Kreisscheiben, Kugeln, Prismen, Cylinder von gleichförmiger Dichte haben ihren Schwerpunkt im Mittelpunkt ihrer Axe.

2. Gerade Pyramiden und Kegel von gleichmäßiger Dichte haben ihren Schwerpunkt in der Axe und zwar $1/4$ Abstand von der Grundfläche.

3. Bei hohlen Körpern mit gleichförmig dichten Hüllen verhält es sich wie mit den massiven, gleichmäßig dichten Körpern. So z. B. haben Ringe, Trommeln u. dgl. den Schwerpunkt in der Mitte des hohlen Raumes.

c) Durch Umformung, durch Verbindung mit anderen Körpern oder durch Wegnahme von Masse läßt sich die Lage des Schwerpunktes in einem Körper ändern.

Verbindet man Hollunderwerk, Kork, Holz mit Eisen, Blei, Quecksilber ꝛc. so rückt der Schwerpunkt gegen oder in den dichteren Theil.

d) Der Schwerpunkt sucht die tiefste Lage einzunehmen. Diese gewinnt er, wenn die hindernden Kräfte gegen das Gewicht des Körpers zu schwach sind.

Fig. 93.

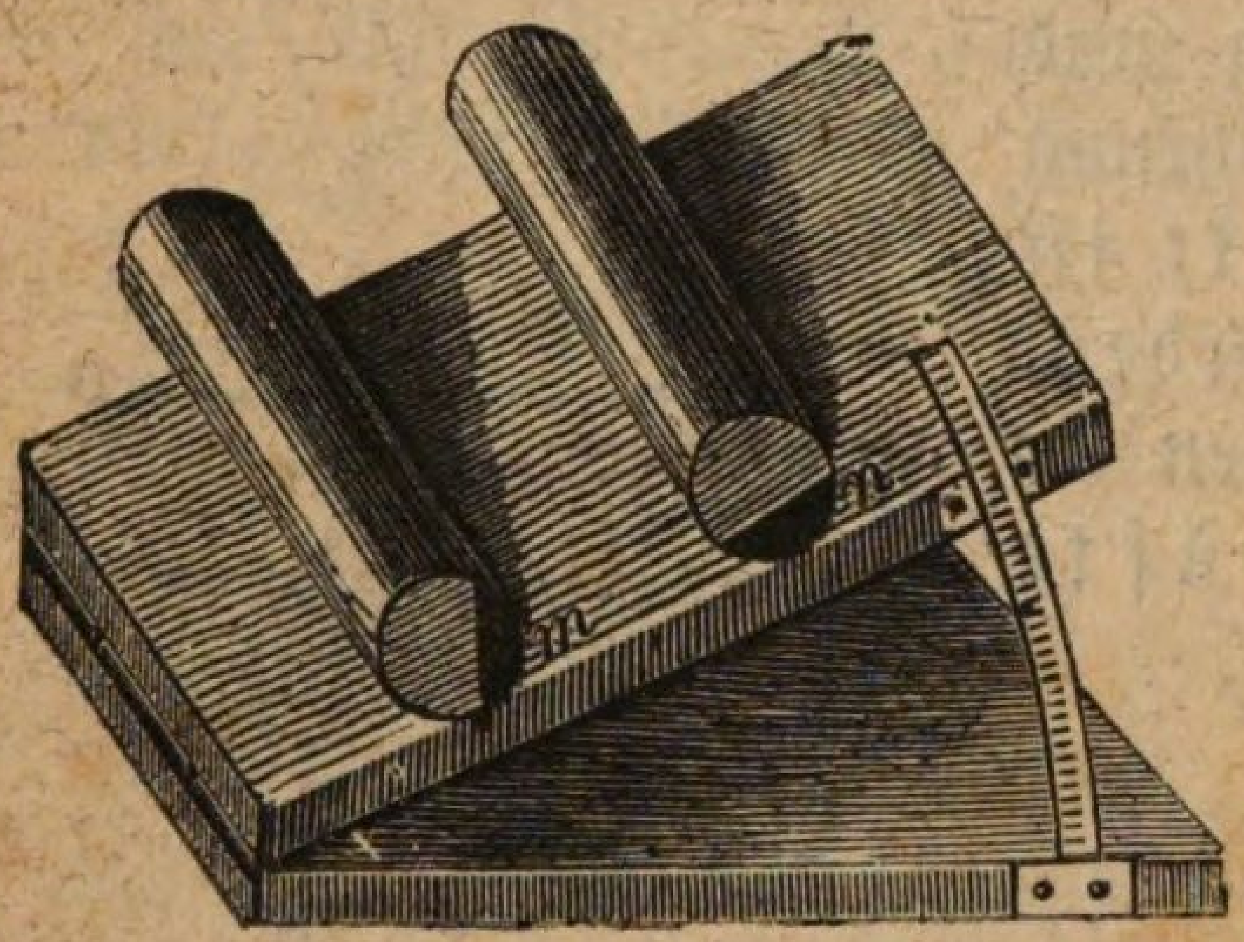


Fig. 94.

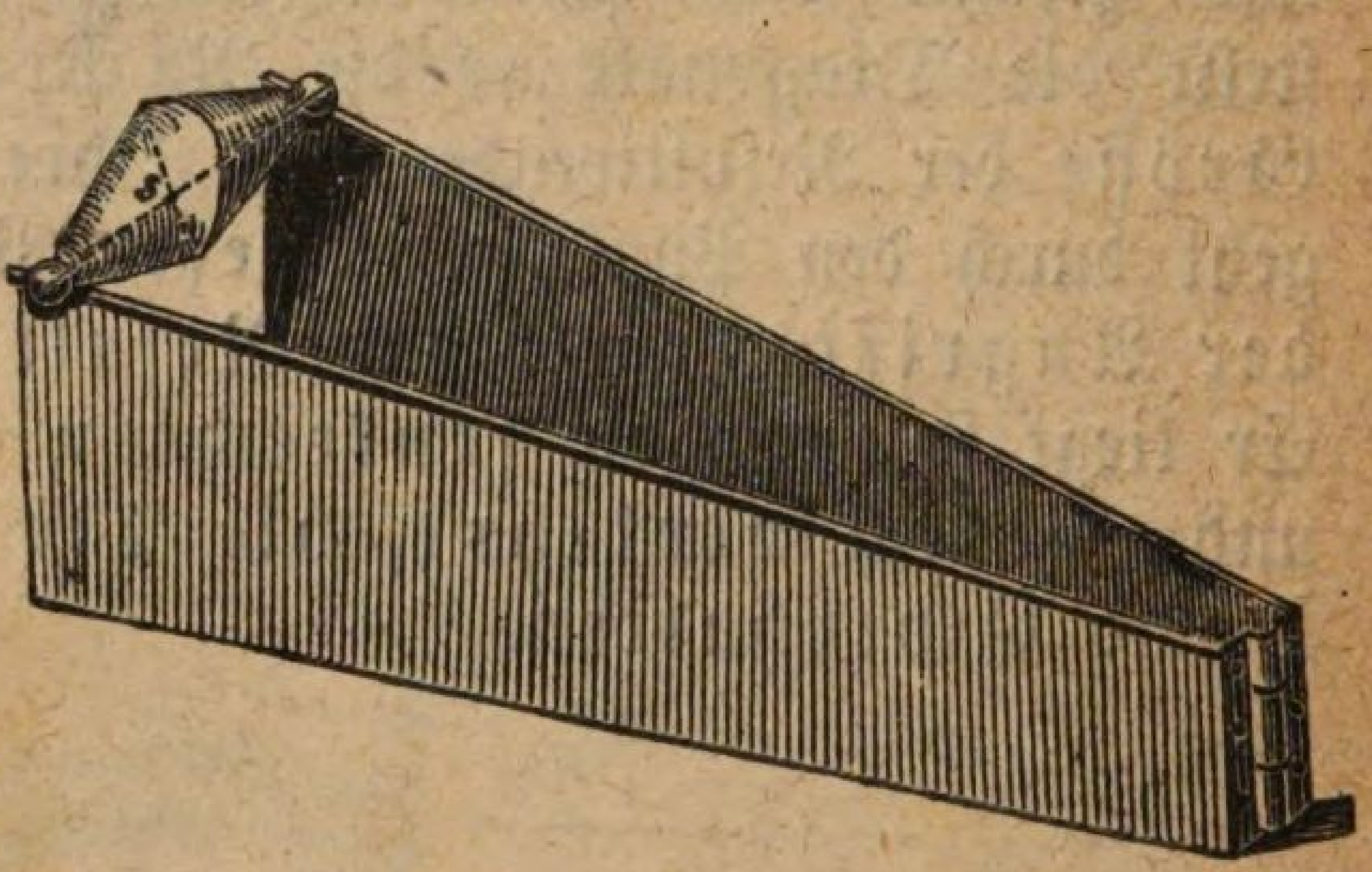
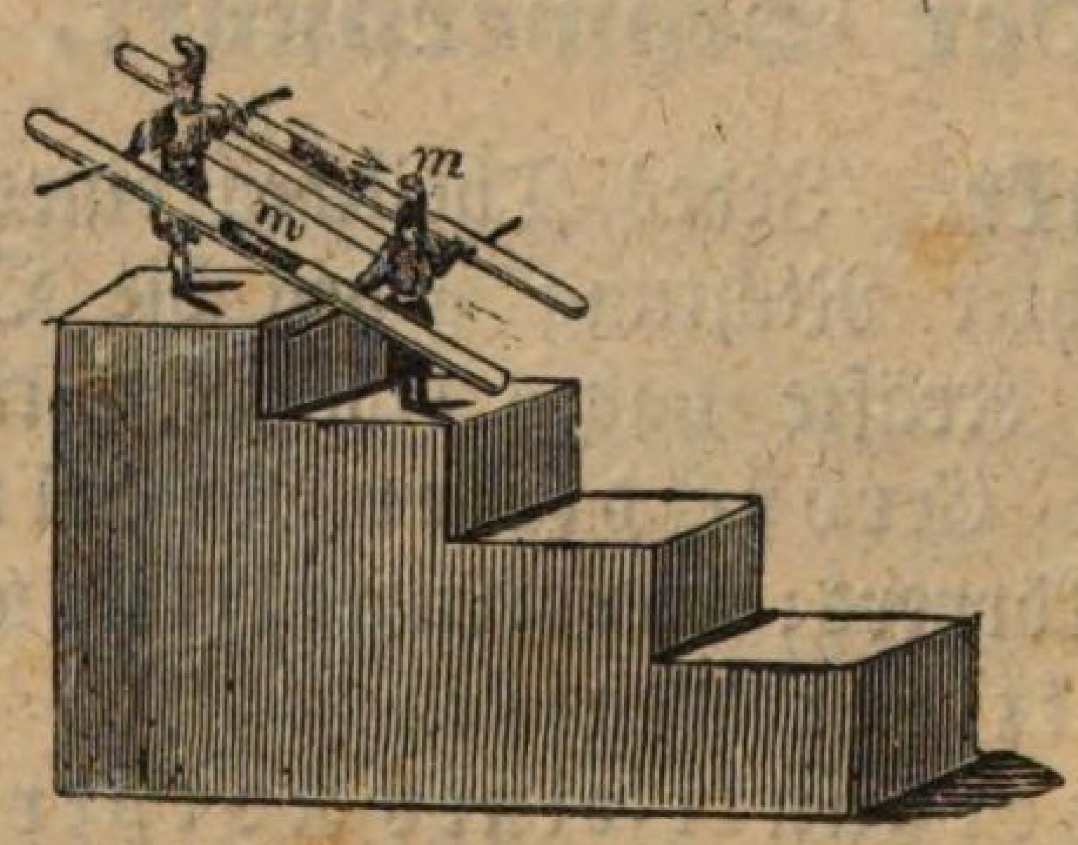


Fig. 95.



Fig. 96.



Beispiele. 1. Ein Cylinder, der seinen Schwerpunkt im Mittelpunkte der Figur hat, wird von einer schiefen Ebene hinabrollen, weil dann sein Schwerpunkt stets tiefer sinkt.

2. Ein Cylinder, der seinen Schwerpunkt durch eingelassenes Blei sehr nahe der einen Seite hat, und den man wie bei m (Fig. 93) legt, rollt ein Stück hinauf, weil dabei sein Schwerpunkt immer sinkt.

3. Der berganlaufende Doppelkegel (Fig. 94) hat seinen Schwerpunkt im Mittelpunkte der Figur. Dieser Schwerpunkt sinkt zwischen den Schienen der schiefen Ebene abwärts, während der Körper hinaufläuft. Je weiter die Schienen auseinander gestellt werden, desto schneller läuft der Doppelkegel aufwärts.

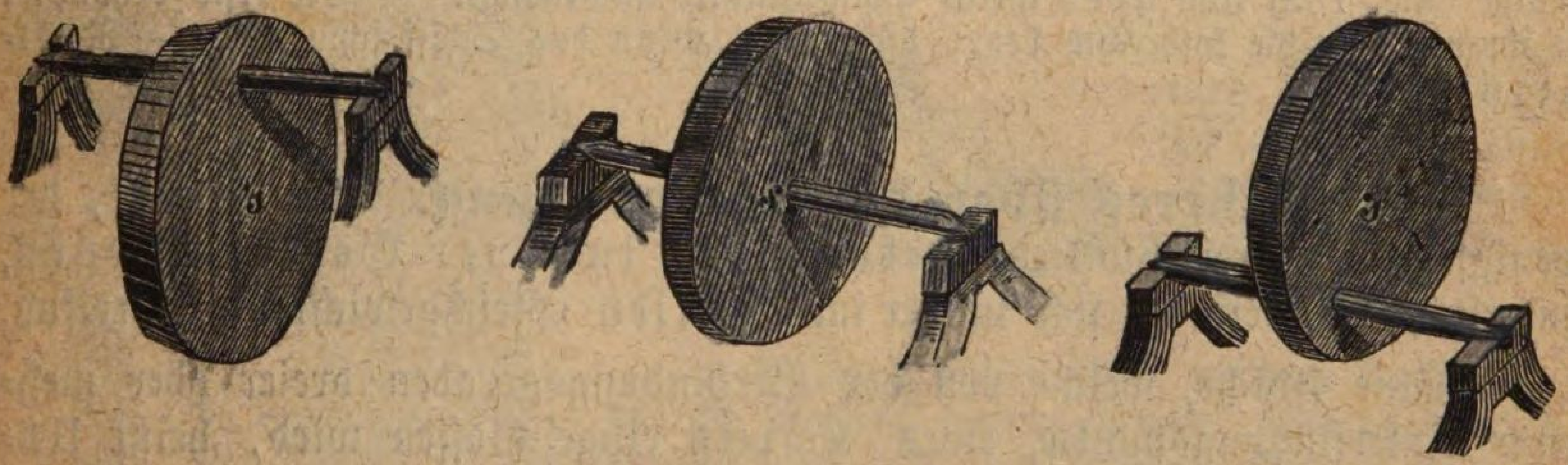
4. Auch das am Fuße sehr dichte sogenannte Aufstehmännchen (Fig. 95), hebt sich, während sein Schwerpunkt sinkt. — Falsche Würfel.

5. Bei den Treppenläufern (Fig. 96) verlegt das in den schiefen Papiercylindern m herabfallende Quecksilber den Schwerpunkt nach unten, wodurch die Figuren mit hinabgezogen werden.

190. **Hängende und unterstützte Körper.** Wenn der Widerstand, durch den ein Körper am Fallen gehindert wird, über (Fig. 97) oder (Fig. 98) im Schwerpunkte angebracht ist, so sagt man, der Körper ist aufgehängt.

Wenn (Fig. 99) dieser Widerstand unterhalb des Schwerpunktes liegt, so heißt der Körper unterstützt.

Fig. 97. Fig. 98. Fig. 99.



191. **Indifferentes Gleichgewicht** besitzt ein Körper (Fig. 98) dann, wenn sein Schwerpunkt bei einer Drehung des Körpers weder höher noch tiefer als vorher zu liegen kommt. Ein solcher Körper bleibt in jeder ihm ertheilten Stellung in Ruhe.

Räder, Kugeln, Cylinder 2c. aus gleichförmig dichten Stoffen, ferner Wagebalken sind an ihren Axen, welche durch den Schwerpunkt gehen, im indifferenten Gleichgewichte.

192. **Labiles Gleichgewicht** zeigt (Fig. 99) ein Körper dann, wenn sein Schwerpunkt die möglich höchste Lage inne hat. Die kleinste Verrückung des Körpers wird mithin den Schwerpunkt tiefer legen.

Ein aus seiner labilen Lage gebrachter Körper bewegt sich so lange, bis sein Schwerpunkt die möglich tiefste Lage gewonnen hat.

193. **Stabiles Gleichgewicht** hat (Fig. 97) ein Körper, wenn sein Schwerpunkt möglichst tief liegt. Bei einem solchen wird selbst die kleinste Hebung oder Neigung des Körpers den Schwerpunkt höher bringen.

Ein stabiler Körper muß, weil der Schwerpunkt immer am tiefsten zu sinken strebt, in die vorige Lage zurückkehren, sobald er sich selbst überlassen wird.

Fig. 100.

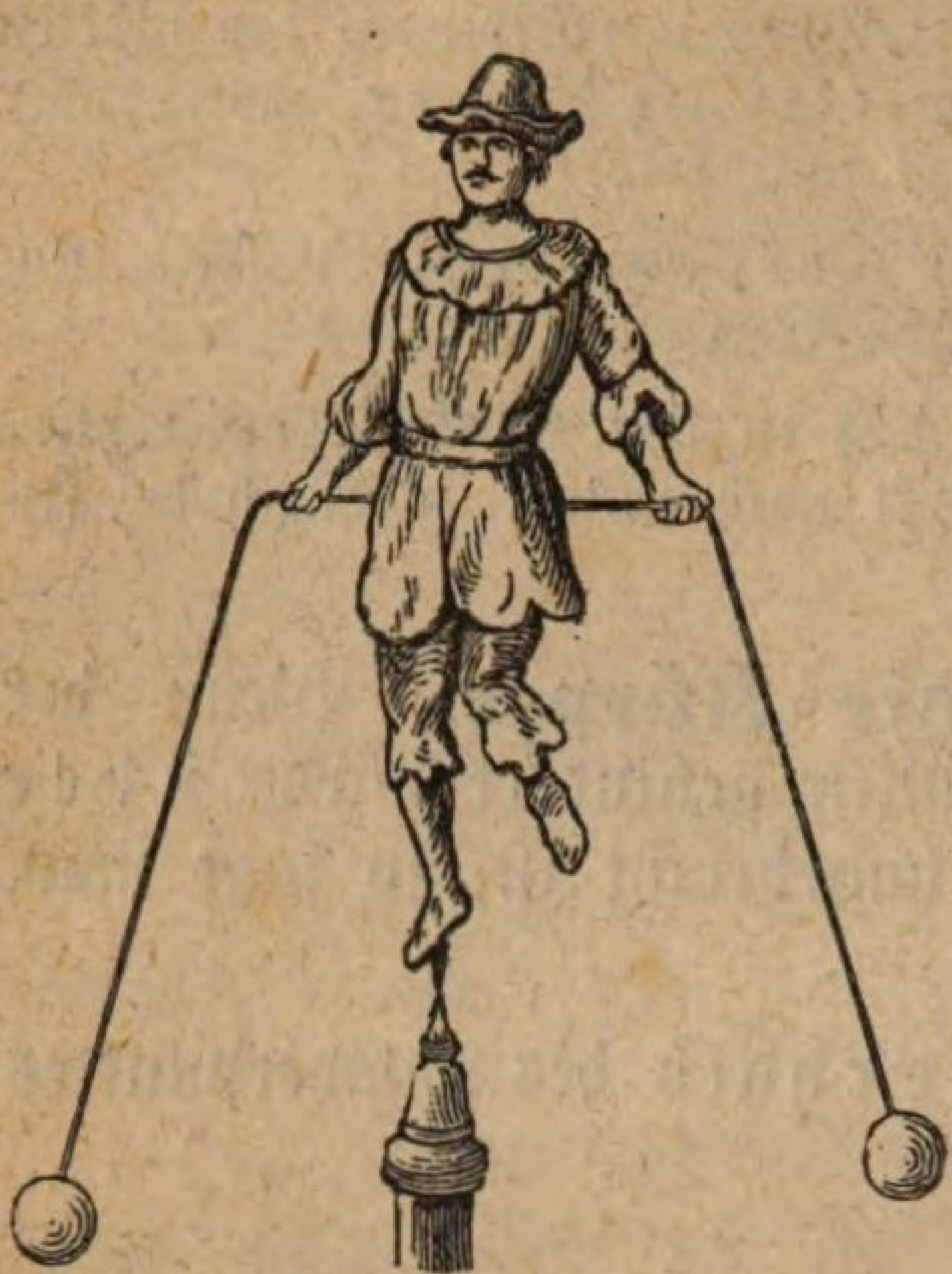


Fig. 101.

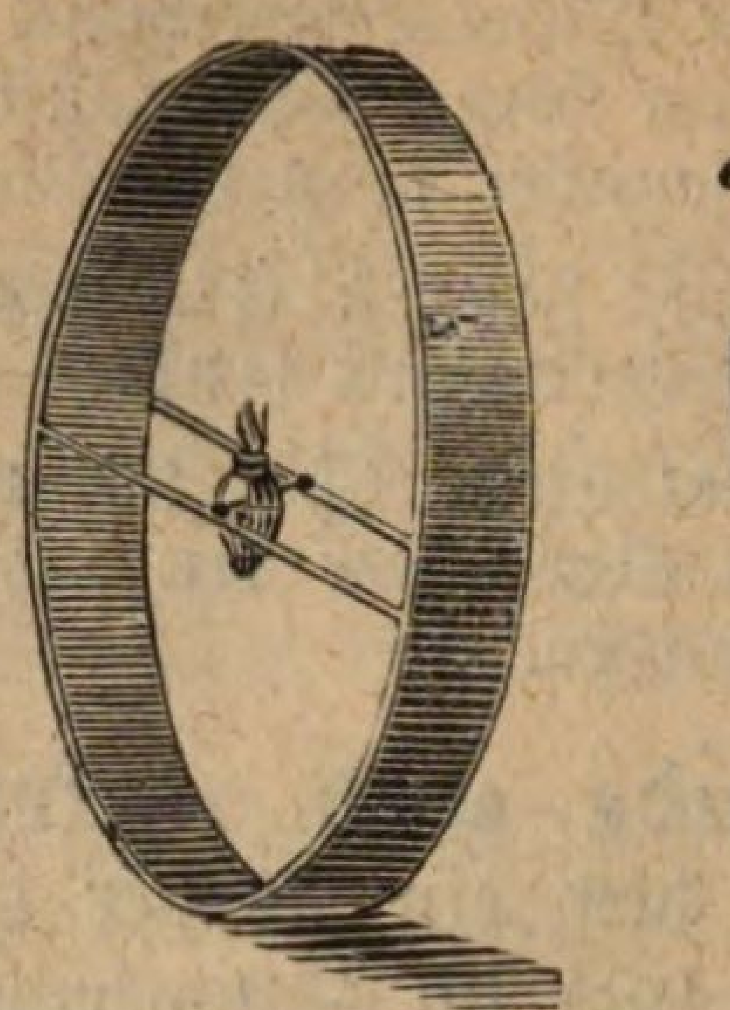
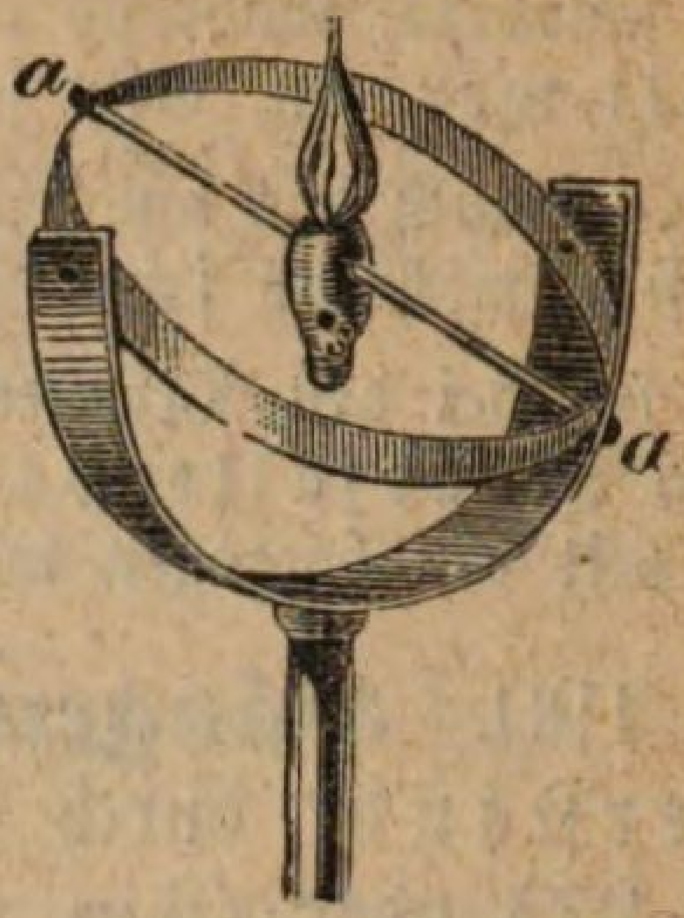


Fig. 102.



Beispiele. 1. Ein über dem Schwerpunkte aufgehängter Körper (Balancier Fig. 100) ist im stabilen Gleichgewicht. — Magische Uhren.

2. Die Roll-Lampe (Fig. 101) und die mit zwei Drehaxen versehene Schiffs-Lampe (Fig. 102) sind über ihrem Schwerpunkte aufgehängt. — Die erste behauptet in ihrem Laufe die lothrechte Lage; die zweite, wenn das Schiff schwankt. — Roll-Figuren.

194. **Näheres über die Unterstützung.** Ein Körper, der wenigstens in drei Punkten, welche nicht in einer Geraden liegen, unterstützt ist, befindet sich immer im stabilen Gleichgewichte. — Dreifuß.

Eine Fläche, welche von den Verbindungsgeraden dreier oder mehrerer Unterstützungspunkte eines Körpers eingeschlossen wird, heißt Unterstützungsfläche dieses Körpers.

Ein Körper dessen Richtungslinie (Fig. 103; I.) noch die Unterstützungsfläche trifft, ist im sicheren Gleichgewichte.

Ein Körper (Fig. 103; II.), dessen Directionslinie die Unterstützungsfläche nicht trifft, fällt nach der Seite um, wohin die Richtungslinie zielt.

Beispiele. 1. In Fig. 104 sieht man die Abbildung des schiefen, hohen Thurmes der Stadt Pisa und in Fig. 105 jene des schiefen Thurmes Ginelli zu Bologna, der theilweise abgetragen wurde. Ein ähnlicher, höherer Thurm Bolognas ist ebenfalls schief.

2. Bei aufrechtem Stand des Menschen trifft seine Richtungslinie zwischen beiden Sohlen die Unterstützungsfläche. Will er auf einem Fuße stehen, so muß er seinen Körper nach der Seite dieses Fußes neigen, um die Schwerlinie seines Körpers auf seine jetzige Unterstützungsfläche zu bringen. Mit dem Gehen ist daher ein Hin- und Herneigen des Körpers verbunden.

3. Die Körperbiegungen der Fallenden sind Versuche, ihren Schwerpunkt zu unterstützen.

4. Die bildenden Künstler sollen bei ihren Darstellungen stets die Schwerpunktgesetze beobachten.

5. Trägt Jemand eine Last auf dem Rücken, so wird sein Schwerpunkt, also auch seine Schwerlinie mehr nach hinten verlegt. Um nicht nach rückwärts zu fallen, muß er sich vorwärts beugen. Flache Tornister der Soldaten.

6. Umgekehrt verhält es sich bei Paukenschlägern, Citronenhändlern u. dgl., welche ihre Lasten vorne tragen.

I. Fig. 103. II.

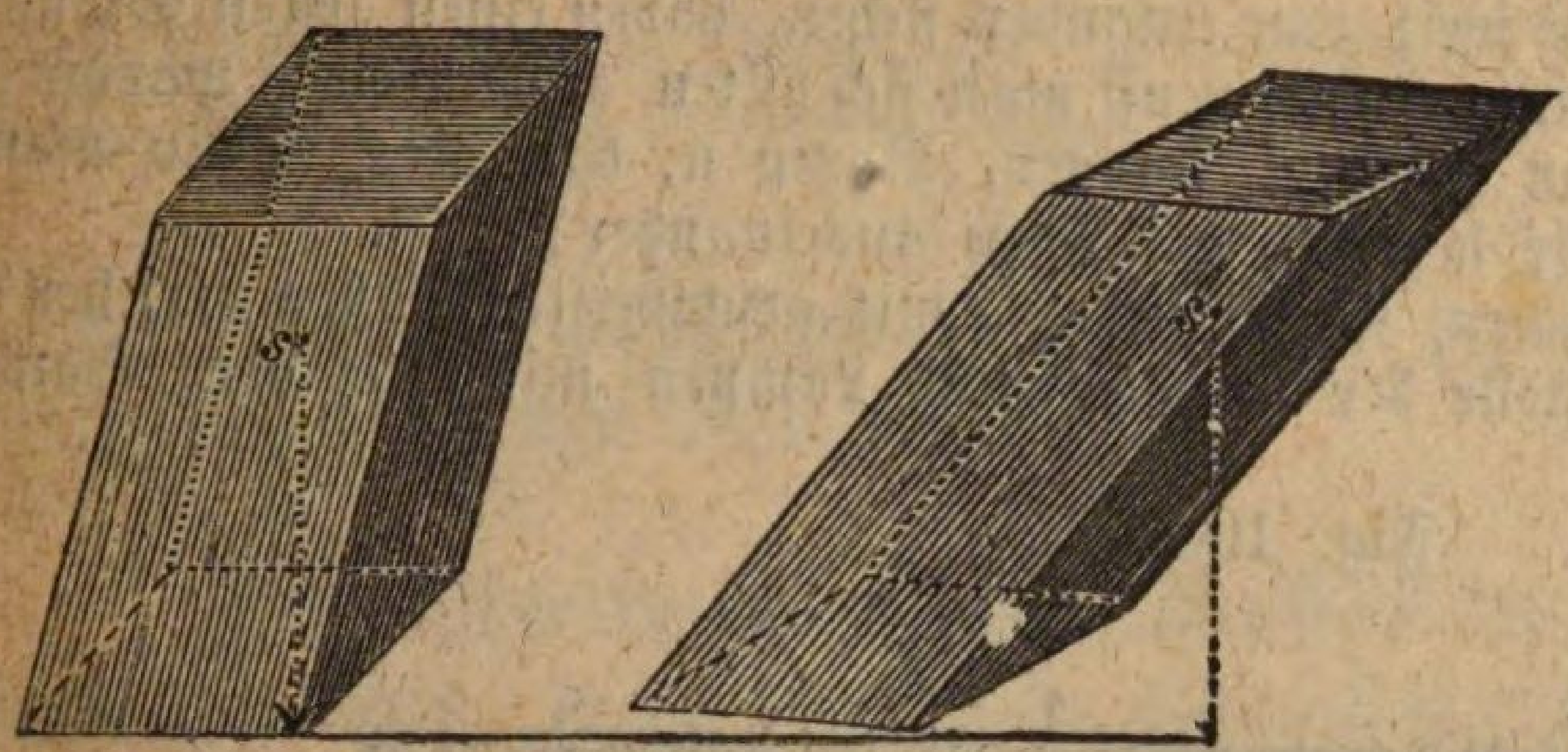
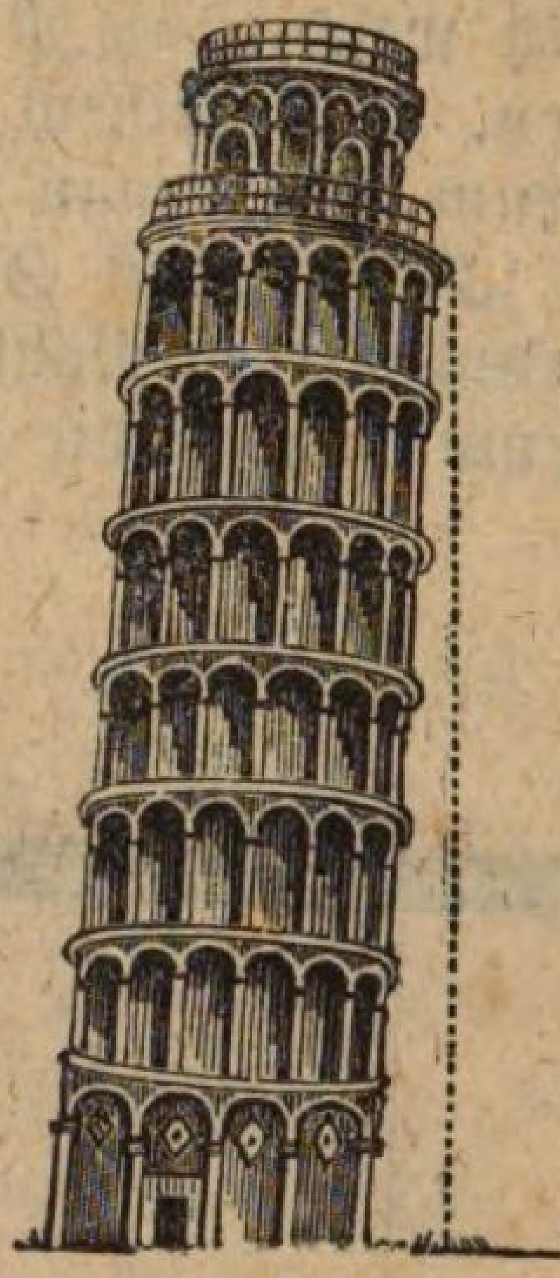


Fig. 104.



Pisa.

Fig. 105.



Bologna.

Fig. 106.

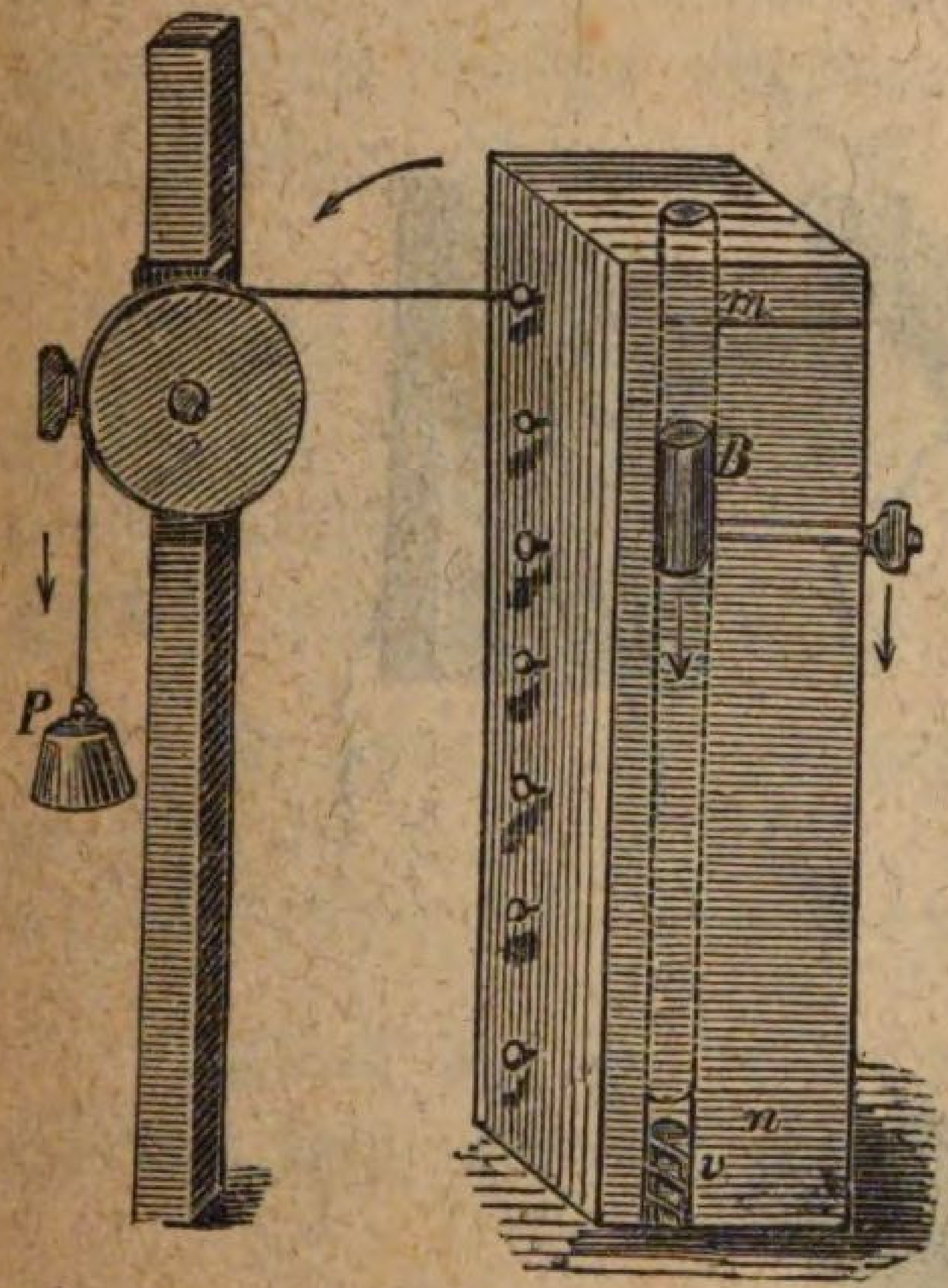
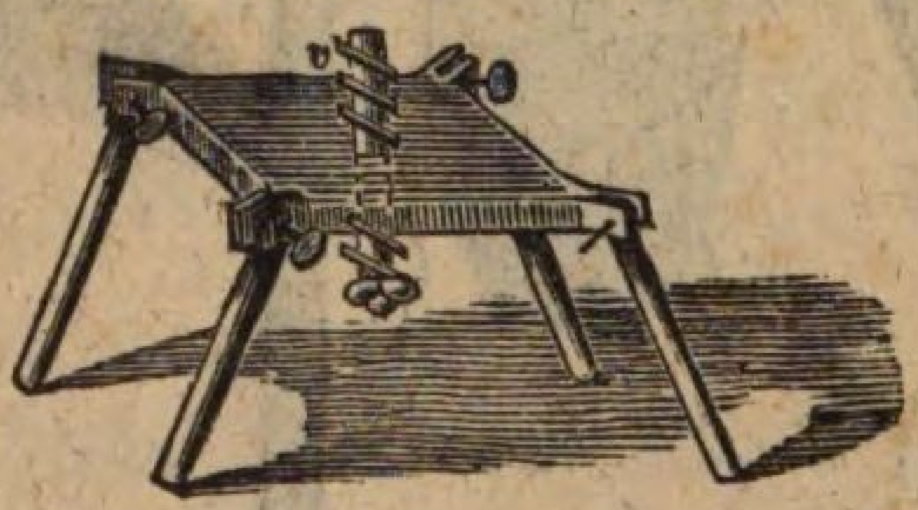


Fig. 107.



7. Hieher gehört auch das Ausstrecken der einen Hand, wenn man in der andern eine schwere Last trägt.

8. Personen, welche Lasten auf dem Kopfe, symmetrisch vertheilt, tragen, können aufrecht gehen, weil die Lage ihrer Richtungslinie ungeändert bleibt.

195. **Das Balanciren** erfordert, daß der Schwerpunkt eines labil ruhenden Körpers, durch eine schnelle Bewegung, immer nach der Seite unterstützt werde, wohin er zu fallen sucht.

Leichte und kurze Körper, z. B. Bleistifte, Stecknadeln sind schwer zu balancieren, weil man nicht so leicht merkt, wohin sie sich neigen und weil ihr Schwerpunkt in einem zu kleinen Bogen sinkt, um genügend rasch unterstützt zu werden.

196. **Die Standfestigkeit der Körper.** Ein Körper, der auf einer wagrechten Ebene ruht, ist um so schwerer umzuwerfen, je größer sein Gewicht, je breiter seine Unterstützungsfläche sind, je tiefer sein Schwerpunkt und die ihn umwerfende Kraft liegen.

Versuche mit dem Stabilitäts-Parallelopiped (Fig. 106).

Durch verschiedene Blei-Cylinder B, welche man in das Parallelopiped legt, kann sein Gewicht und durch ihre Verschiebung die Schwerpunktslage geändert werden.

Für die Verschiedenheit der Basis ist durch das Gestell in Fig. 107, auf das man den Stabilitätsblock aus Fig. 106 schraubt, gesorgt.

Mehrlei Angriffspunkte sind aus der Figur sogleich ersichtlich.

Beispiele. 1. Wägen sind dem Umwerfen mehr ausgesetzt, wenn sie mit Heu, Stroh, Wolle, als wenn sie mit Steinen, Metallen gleich hoch beladen sind.

2. Bei der Bepackung von Wägen und Schiffen kommen Metalle und Steine zu unterst, und die minder dichten Güter höher. Bau und Verpackung der neueren Postkutschen; warum die älteren so leicht umstürzten.

3. Kleiderstöcke, Kandelaber werden mit großen Grundflächen versehen. Breitspurige Wägen, bei welchen die Räder weit von einander stehen, haben einen festen Stand.

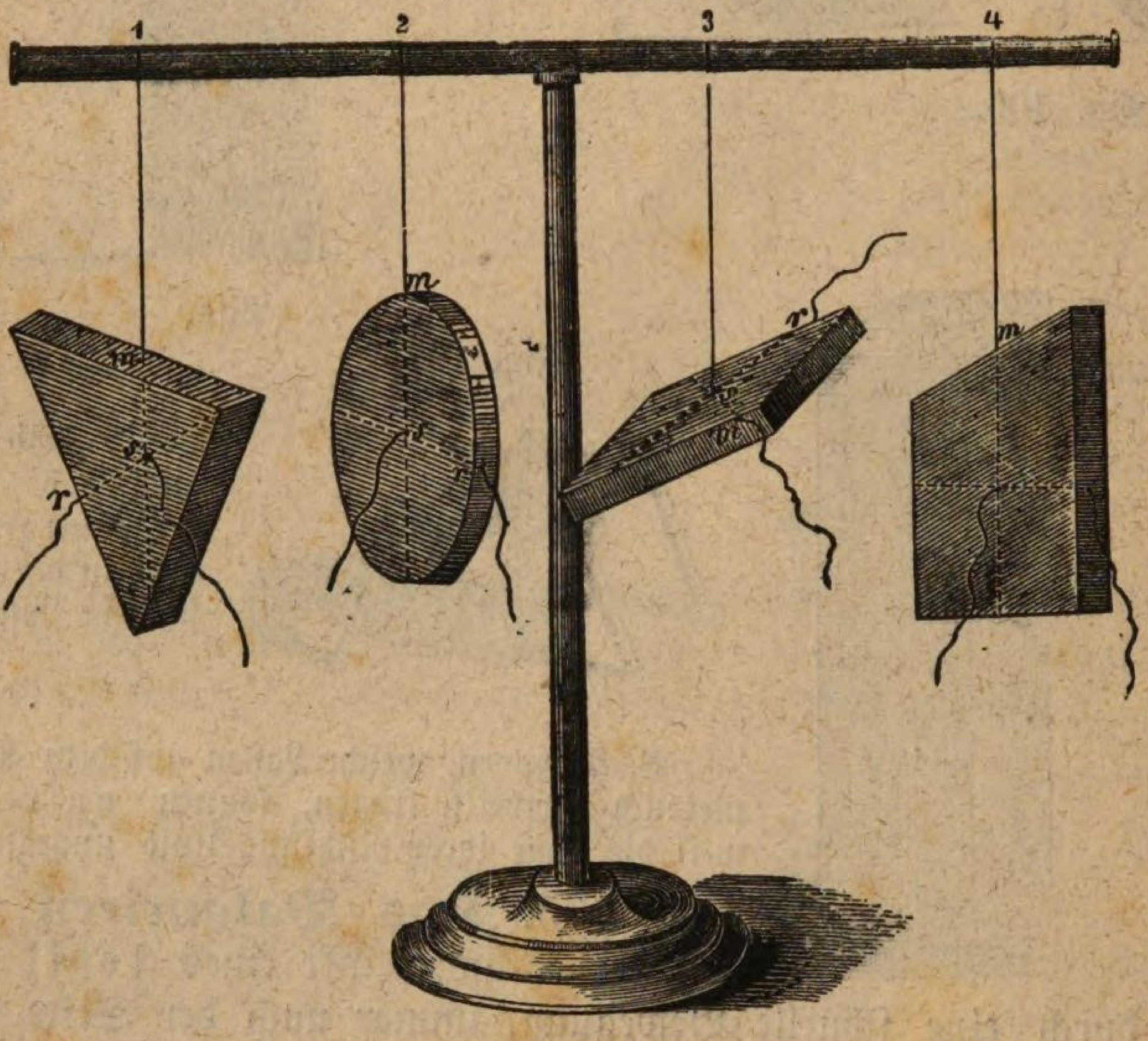
Fragen. 1. In einem kleinen Kahne muß man sich hüten aufzustehen; warum?

2. Warum stellt man beim Fechten, Ringen, Boxen u. dgl. oder, wenn man sich auf einem schwankenden Schiffe befindet, die Füße auseinander?

3. Warum werden Nähtischchen, Sessel u. dgl. mit geschweiften Füßen versehen?

4. Warum werden die Gestelle der Leuchter und Lampen mit Blei oder Sand gefüllt?

Fig. 108.



197. **Bestimmung des Schwerpunktes durch Versuche.** Es wird der Körper (Fig. 108) mittels eines Fadens in einem Punkte, z. B. m, frei aufgehängt. Denkt man sich den Faden durch den Körper verlängert, so muß der Schwerpunkt in dieser Verlängerung liegen; warum? Wird der Faden an einer anderen Stelle gebunden, welche dem früheren Befestigungsorte nicht geradezu entgegengesetzt ist; so liegt der Schwerpunkt auch diesmal in der Verlängerung des Fadens. Der Schwerpunkt kann nur im Durchschnittspunkte s beider Verlängerungen liegen.

Durch Unterstützung dieses Punktes s ist der Körper, in wagrechter Lage, gegen den Fall gesichert. Wenn der Körper in diesem Punkte s aufgehängt wird, legt er sich stets wasserrecht. — Versuche.

Aehnliche Methode mittels Verschiebungen des Körpers auf einer Kante.

D. Die Maschinen.

198. **Physischer Hebel.** Jeder unbiegsame Stab mn (Fig. 109), den zwei oder mehrere Kräfte P und Q um eine feste

Stütze c nach entgegengesetzten Richtungen zu drehen streben, heißt physischer Hebel. Die Stütze c heißt der Unterstützungs- oder Drehpunkt des Hebels. Die Stücke des Hebels, welche zwischen dem Unterstützungspunkte und den Angriffspunkten der Kräfte liegen, nennt man Hebelarme, z. B. cm und cn.

199. **Winkelhebel** heißt jener Hebel, bei welchem beide Arme einen Winkel mit einander bilden.

200. **Mathematischer Hebel** ist ein solcher Hebel, bei welchem man sich (Fig. 109) den Stab mn schwerlos denkt.

201. **Kraft und Last.** Mittelst eines Hebels (Fig. 109) sucht eine Kraft P eine andere Kraft oder einen Widerstand Q zu bekämpfen. Jene Kraft, welche überwunden werden soll, heißt die Last, und die zur Bekämpfung dienende Kraft P, nennt man vorzugsweise die „Kraft".

202. **Zweiarmige Hebel mit parallelen Kräften.** Ein Hebel (Fig. 109), bei welchem der Unterstützungspunkt zwischen den Angriffspunkten der Kraft P und der Last Q liegt, heißt zweiarmiger Hebel oder Traghebel.

An einem zweiarmigen Hebel, bei dem Kraft und Last parallel angreifen, ist Gleichgewicht, wenn sich die Kraft zur Last verhält, umgekehrt wie die Hebelarme.

Sind die Hebelarme gleich, so werden auch die Gewichte gleich sein. Hierauf beruht die gleicharmige Wage (Fig. 120 u. 121).

203. **Zweiarmige Hebel mit nicht parallelen Kräften.** Wirken am Hebel (Fig. 110) die Kraft P und die Last Q nicht parallel, so ist an einem solchen Hebel Gleichgewicht, wenn sich Kraft und Last umgekehrt verhalten, wie ihre senkrechten Entfernungen vom Unterstützungspunkte.

Fig. 109.

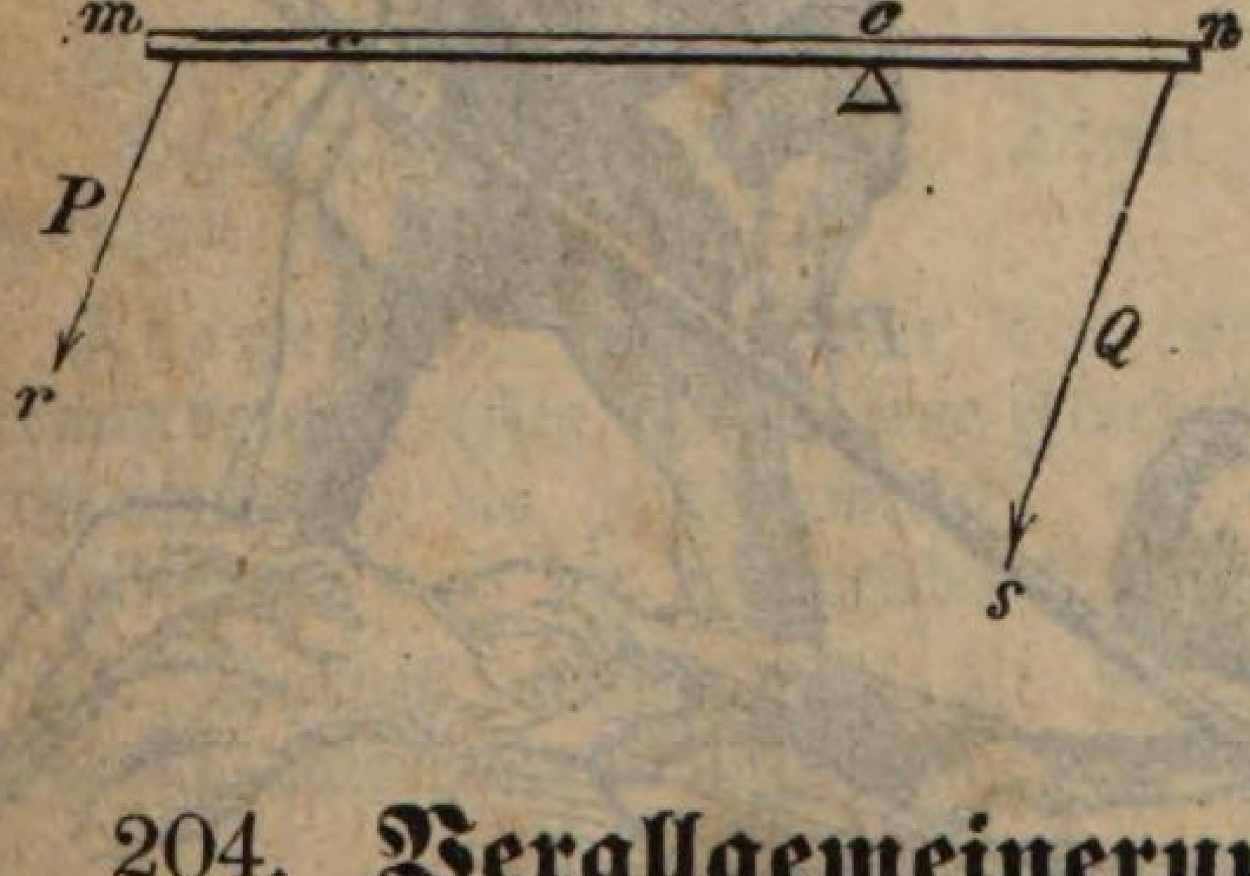
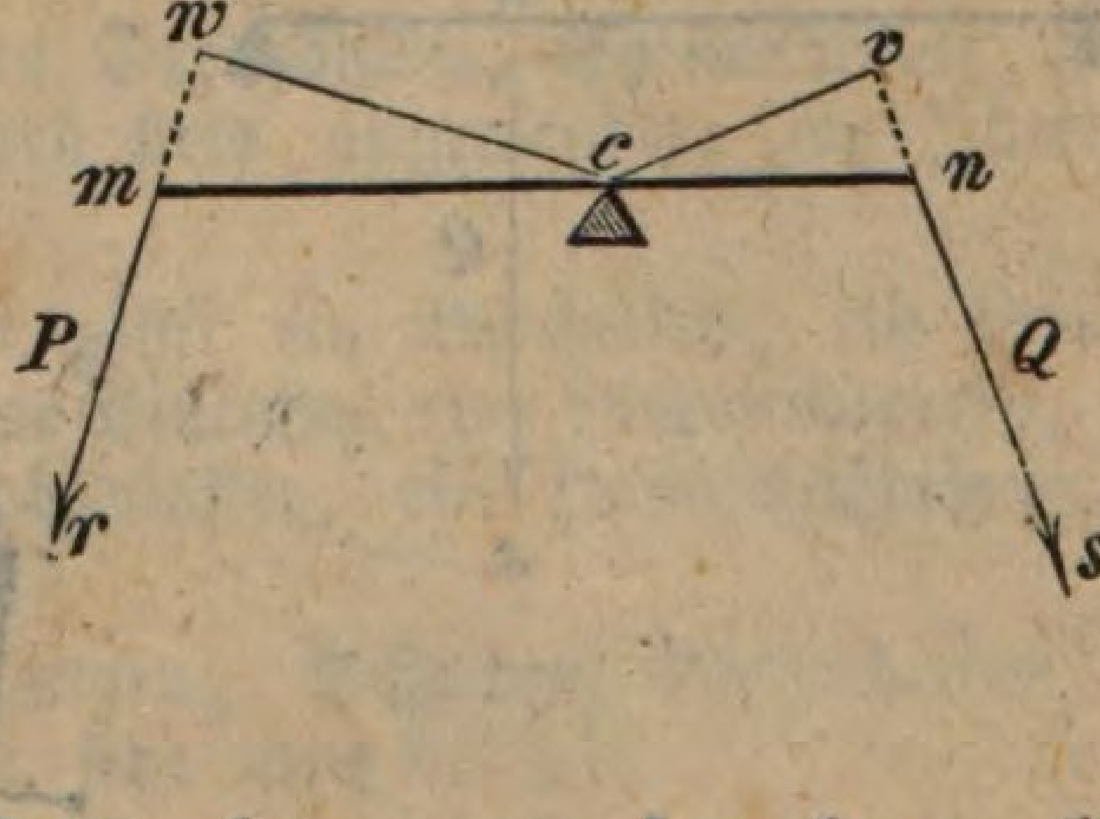


Fig. 110.



204. **Verallgemeinerung.** Das eben ausgesprochene Gesetz gilt überhaupt für jede Art des Hebels. Dabei ist vorausgesetzt, der Hebel sei schwerlos. Für Hebel, wie sie wirklich vorkommen, muß noch ihr Gewicht als eine Kraft berücksichtigt werden.

Fig. 111 zeigt einen Apparat zum experimentalen Nachweise der Hebelgesetze. Archimedes 250 v. Chr. lehrte schon das Hebelgesetz.

Fig. 111.

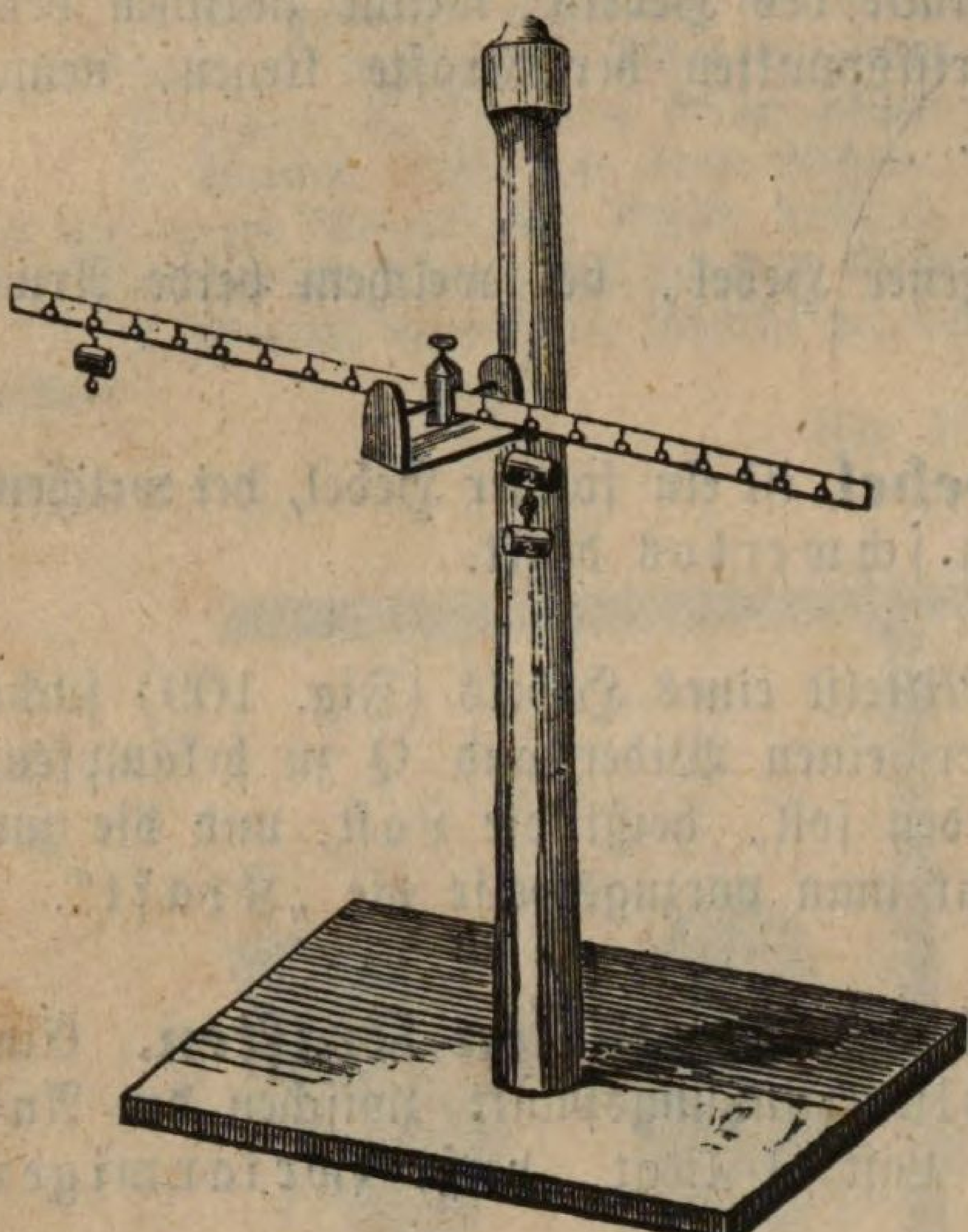


Fig. 112.

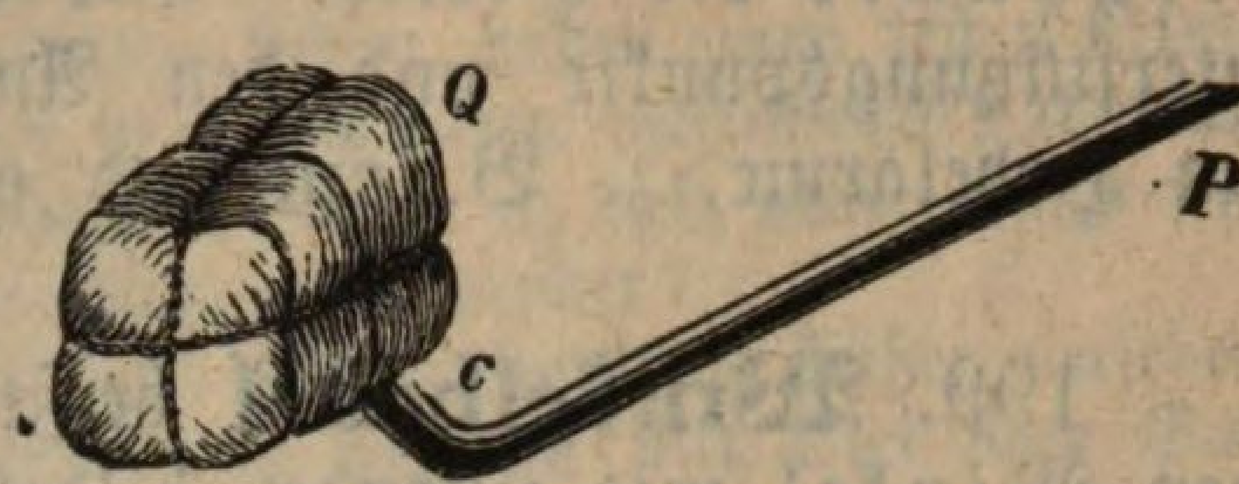


Fig. 113.



205. **Folgesätze zum Hebelgesetz.** Bei den Hebeln muß, für den Zustand des Gleichgewichtes, die Kraft P um so kleiner sein, je länger man den zu ihr gehörigen Hebelarm macht, vorausgesetzt, daß die Kraft Q ungeändert bleibt.

Wird die Kraft P verstärkt, so wird die Last auf entsprechende Weise bewegt.

In ähnlicher Weise verhält es sich mit der Bewegung der Last mittelst anderer Vorrichtungen.

Fig. 114.

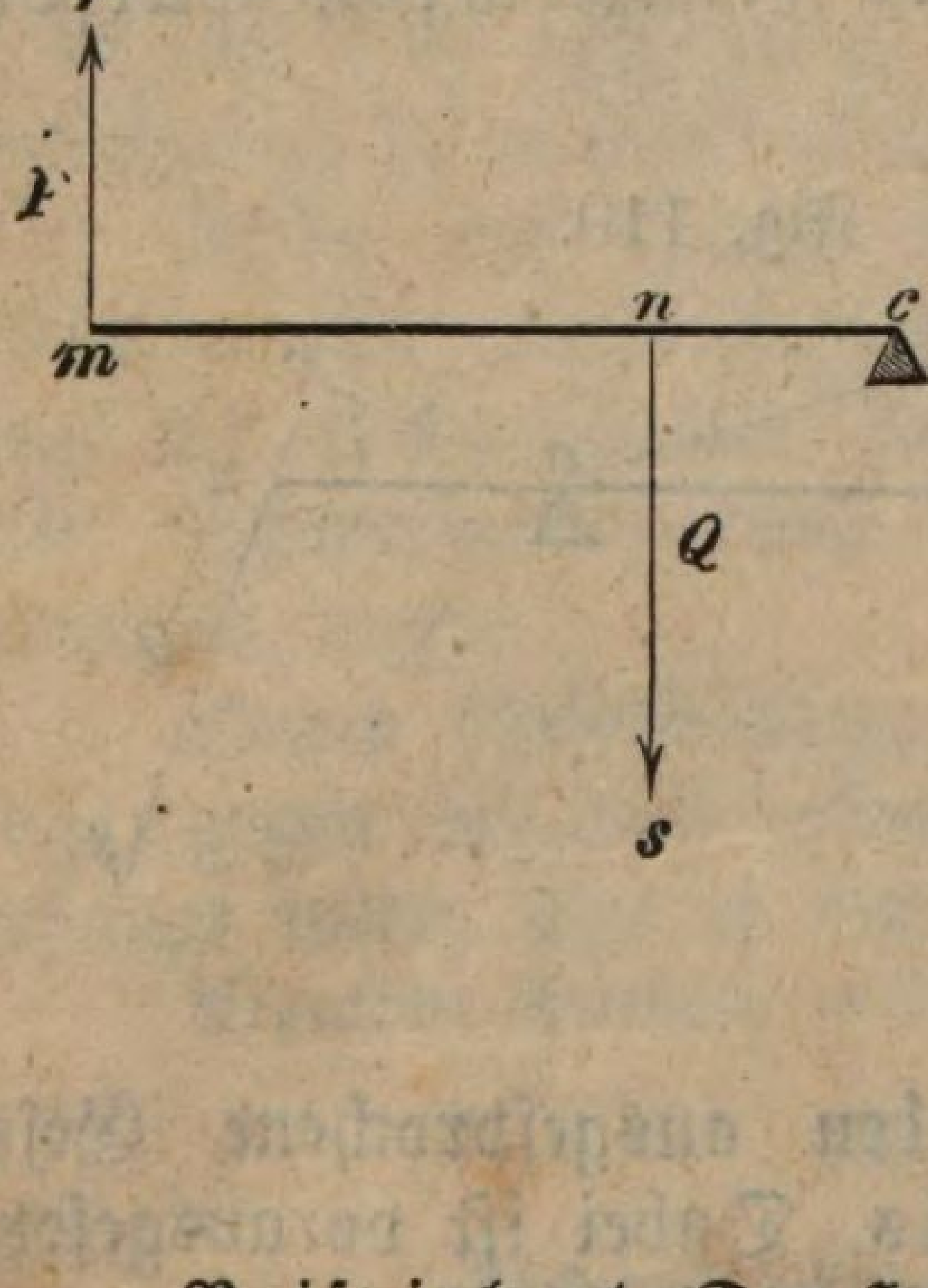


Fig. 115.



Beispiele. 1. Der Hebebaum (Fig. 112) ist ein zweiarmiger Hebel, ebenso das Schaukelbrett, der Schlagbaum bei Mauthen und die ähnliche Vorrichtung bei vielen Gartenbrunnen.

2. Scheren sind aus zwei doppelarmigen Hebeln zusammengesetzt. Der sie verbindende Stift ist die Drehungsaxe; der Körper, welcher zerschnitten werden soll, ist die Last und an den Griffen wirkt die Kraft. Nagel- und Schneidezangen.

3. Der Splitthammer (Fig. 113) ist ein Winkelhebel. Bei P wirkt die Kraft, bei c ist der Drehpunkt und bei Q widersteht der festsitzende Nagel als Last.

Fig. 116.

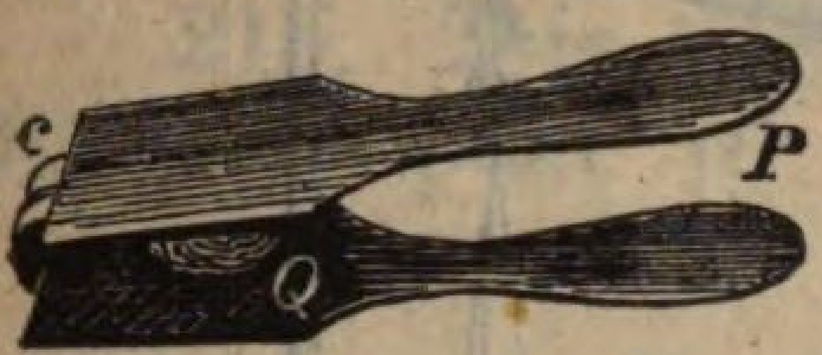


Fig. 118.

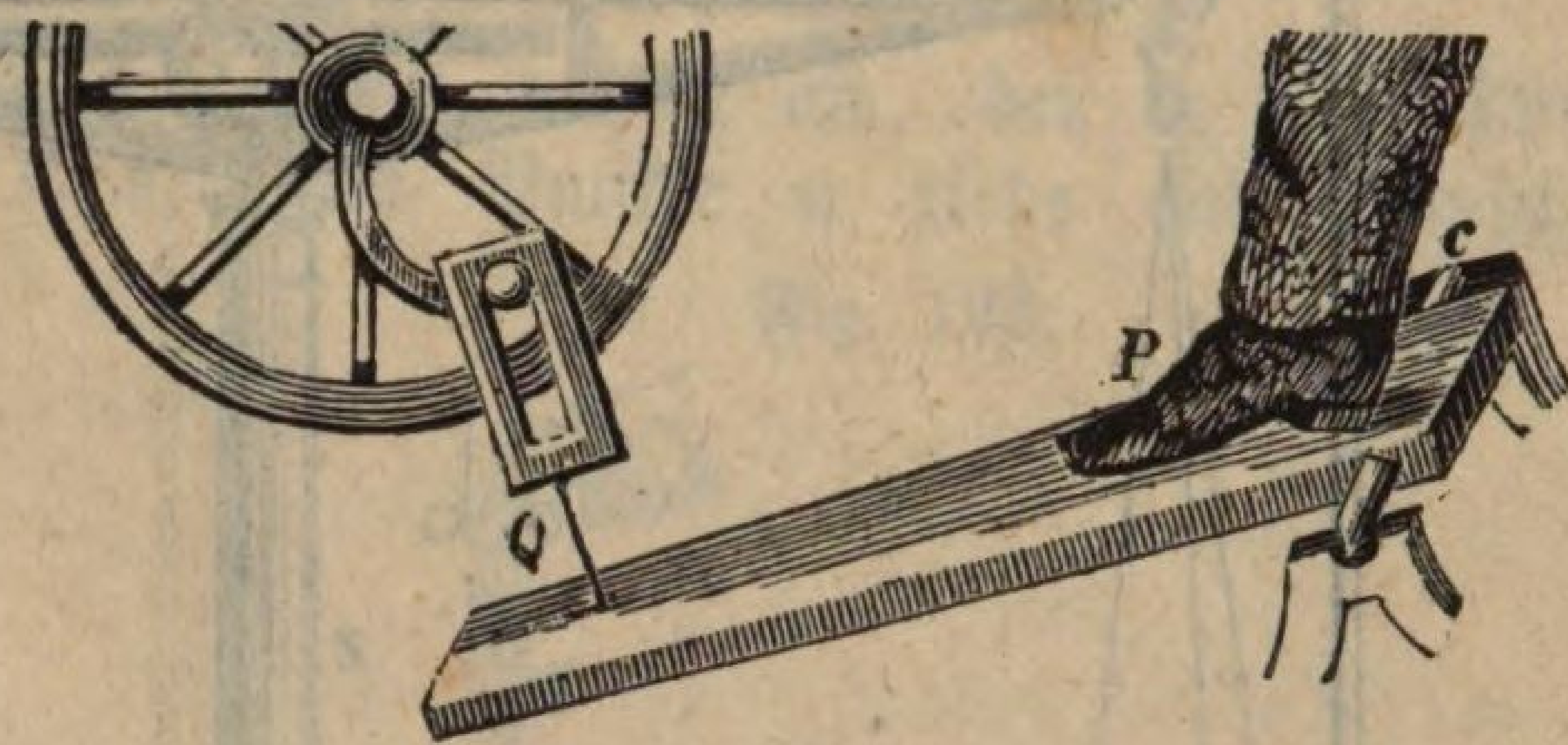


Fig. 117.

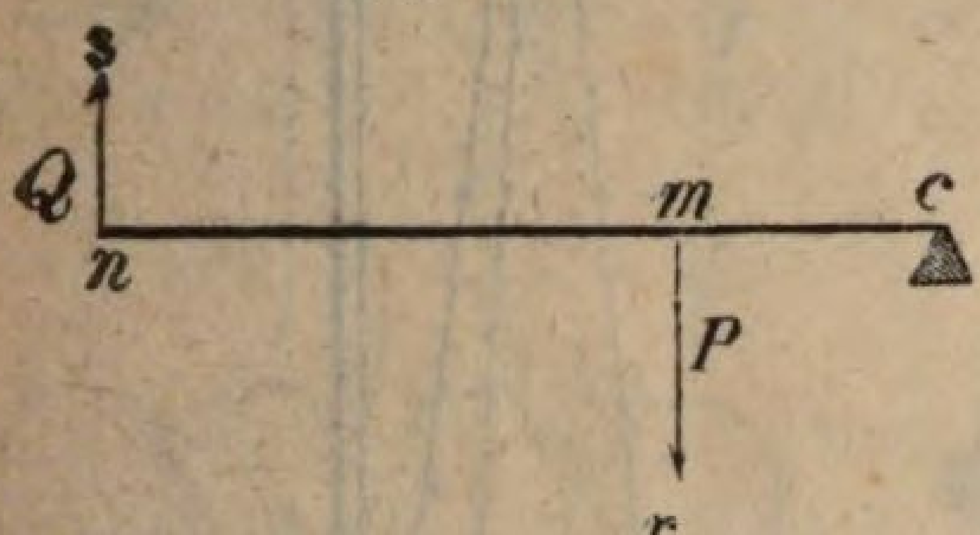


Fig. 119.

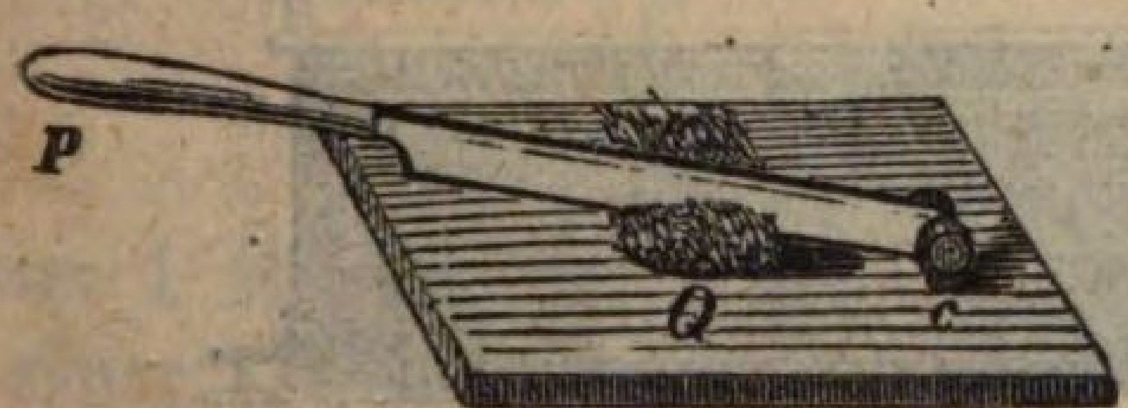
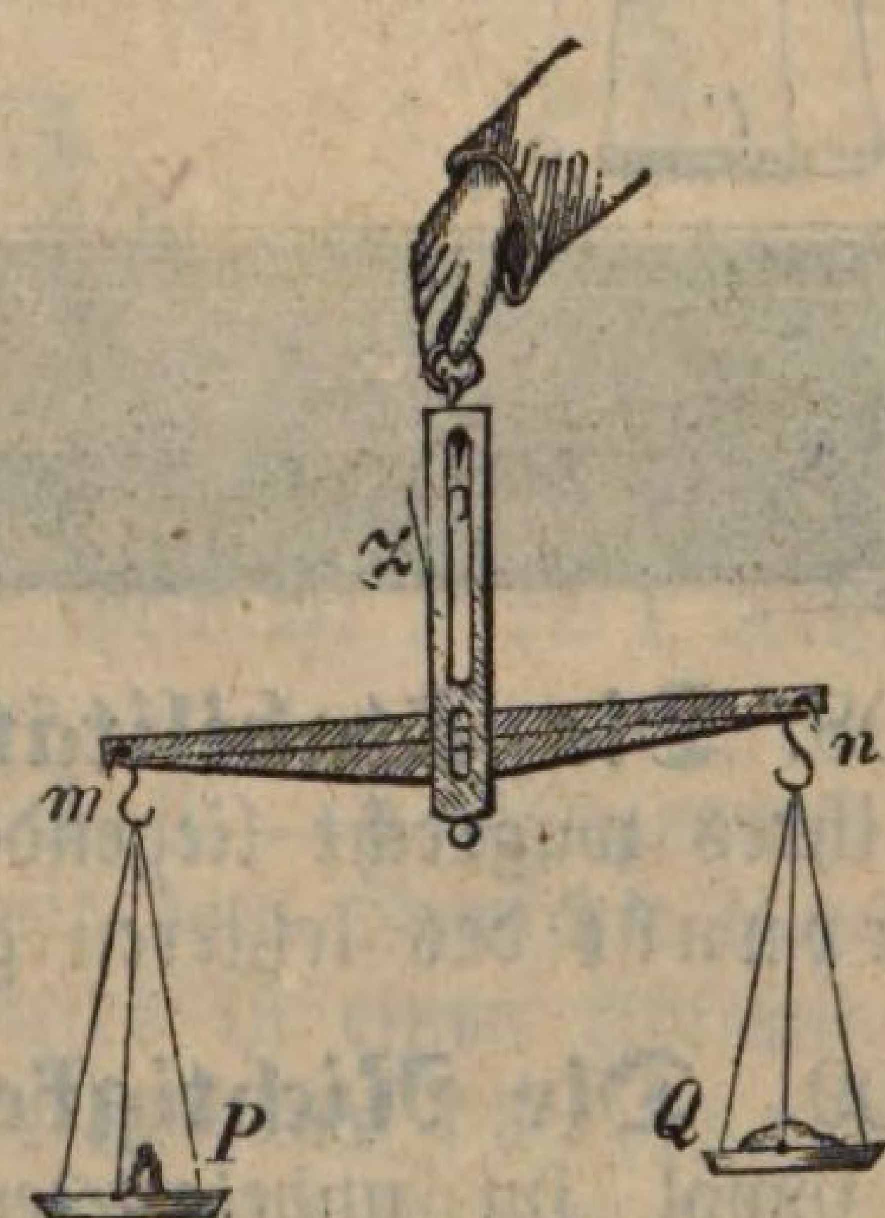


Fig. 120.



206. **Einarmige Hebel.** a) Ein Hebel (Fig. 114 und 117), bei welchem sich der Stützpunkt an einem Ende der Hebelstange befindet, heißt einarmiger Hebel und zwar einarmiger Hebel der ersten Art (Druckhebel, Fig. 114), wenn die Last Q dem Stützpunkte c näher liegt, als die Kraft P.

Hieher gehören: Stangen, mittelst welcher Lasten (Fig. 115) fortgeschafft werden; ferner der Nußknacker (Fig. 116), welcher aus zwei solchen Hebeln besteht.

b) Ein einarmiger Hebel (Fig. 117), bei welchem die Kraft P dem Stützpunkt c näher liegt als die Last Q, heißt einarmiger Hebel der zweiten Art oder Wurfhebel.

Hieher gehören die Tritte (Fig. 118) an den Drehbänken, Spinnrädern, Webstühlen, Schleifrädern u. dgl. m. Dieser Hebel wird stets angewendet, wo schnelle Bewegungen zu erzielen sind.

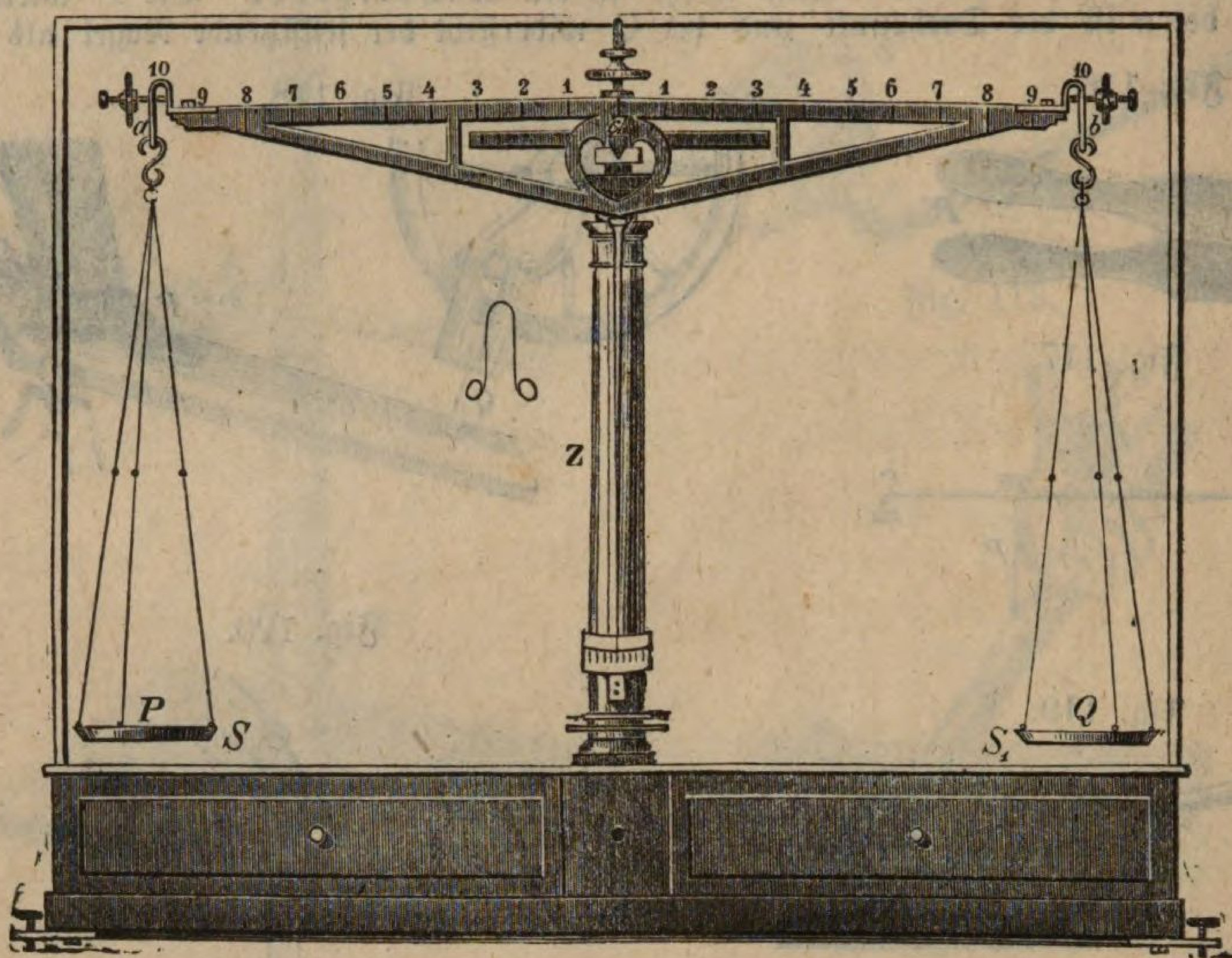
Fragen. 1. Zu welcher Art von Hebeln zählt ein Brecheisen, ein Spaten, ein Kräutermesser (Fig. 119), eine Flachsbreche, eine Pincette, eine Limonienpresse, eine Zuckergreifzange, ein Zuckerzwicker, ein Handschuhknöpfler, ein Handschuhdehner, die Schafwollscheere und die Hängeschaukel?

2. Warum macht man die Arme von Zangen, Scheeren, Blechscheeren, mit denen große Widerstände überwunden werden sollen, sehr lang?

207. **Die Krämerwage** (Fig. 120 und 121) ist ein zweiarmiger, gleicharmiger Hebel, welcher Wagebalken heißt. Der Stützpunkt ist hier eine wagrechte Axe.

Für die Gewichte trägt der Balken an jedem Ende eine Schale. Eine gute Wage soll stabil, richtig und empfindlich sein.

Fig. 121.



208. **Die Stabilität einer Wage** fordert, daß das Gleichgewicht ihres wagrecht liegenden Balkens sicher sei; es muß daher der Schwerpunkt des letzteren genau unter dem Drehpunkte liegen.

209. **Die Richtigkeit einer Wage** findet statt, wenn ihr Balken, sowol im unbelasteten Zustande als auch bei gleichen Auflegegewichten, bei jedem gewöhnlichen Wärme-Zustande, eine wagrechte Lage hat.

Dies erkennt man vermittelst der „Zunge" z. Diese ist senkrecht auf dem Balken mn. Zeigt sich nun die Stellung der Zunge lothrecht, was man (Fig. 120) an dem Zusammenfallen mit dem „Absehen" o oder (Fig. 121) am Einspielen auf den Nullstrich eines Gradbogens erkennt, so liegt der Balken wagrecht.

210. **Bedingungen für die Richtigkeit.** Soll eine Wage richtig sein, so müssen ihre Arme gleiche Länge, gleiche Form, gleiche Dichte und gleiches Gewicht haben. Es müssen folglich die Schwerpunkte beider Arme gleichweit vom Drehpunkte abstehen. Auch die Wagschalen müssen gleichviel wiegen.

211. **Die Empfindlichkeit einer Wage** zeigt sich, wenn der Balken aus seiner wagrechten Lage tritt, sobald das in die eine Schale gebrachte Gewicht das in der anderen liegende nur um ein sehr Geringes übertrifft.

212. **Bedingungen für die Empfindlichkeit.** Soll eine Wage empfindlich sein, so müssen die Arme möglichst lang, das Gewicht des Balkens, der Schalen und der Belastung möglichst

gering sein, ferner muß der Schwerpunkt des Wagebalkens dem Drehpunkte recht nahe liegen.

1. Mittheilungen über die Einrichtung feiner Wagen. — Wagekammer der Chemiker. — Schutz der Gewichte. — Ueber das feine Wägen.

2. Ganz besonders über die doppelte Wägung nach Borda, da der Knabe diese Methode in Apotheken sieht.

213. **Die Schnellwage.** Man nehme an, der in Fig. 122 dargestellte Hebel sei schwerlos. Im Punkte n ziehe ein Gewicht

Fig. 122.

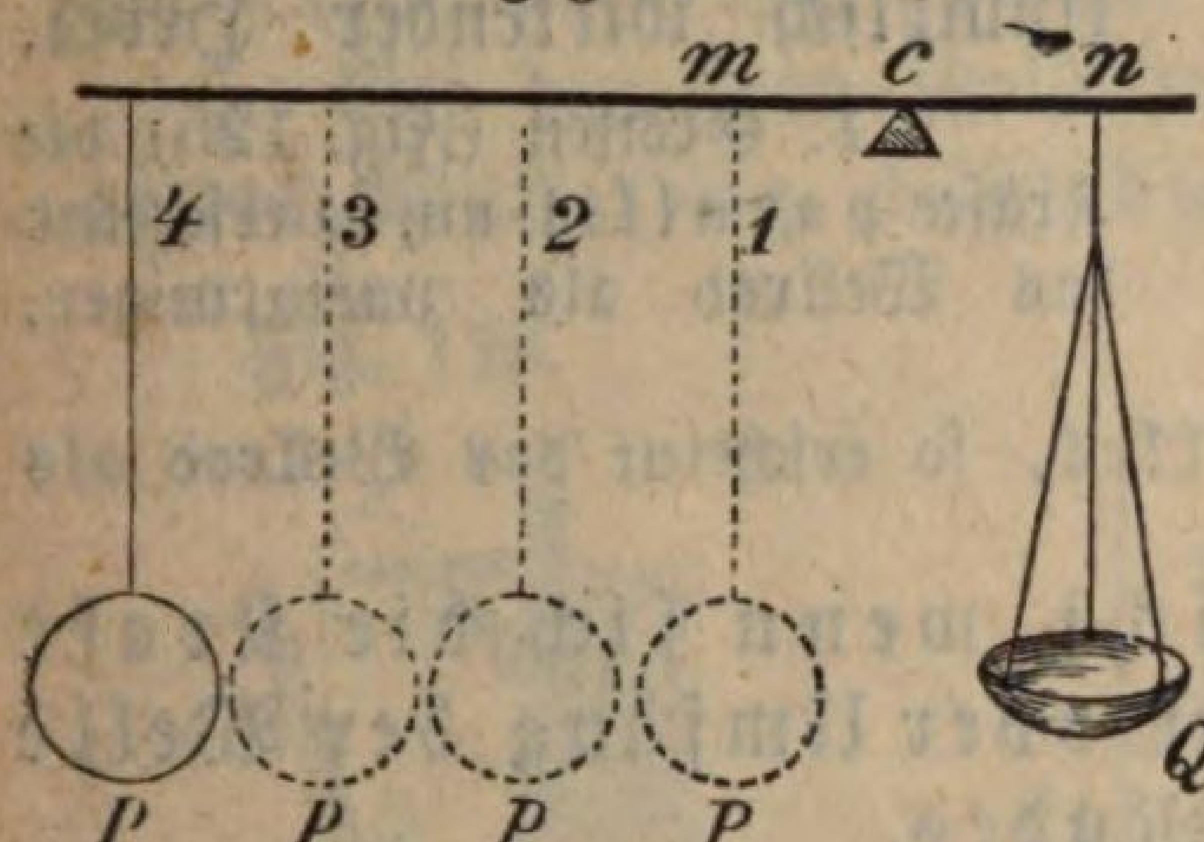
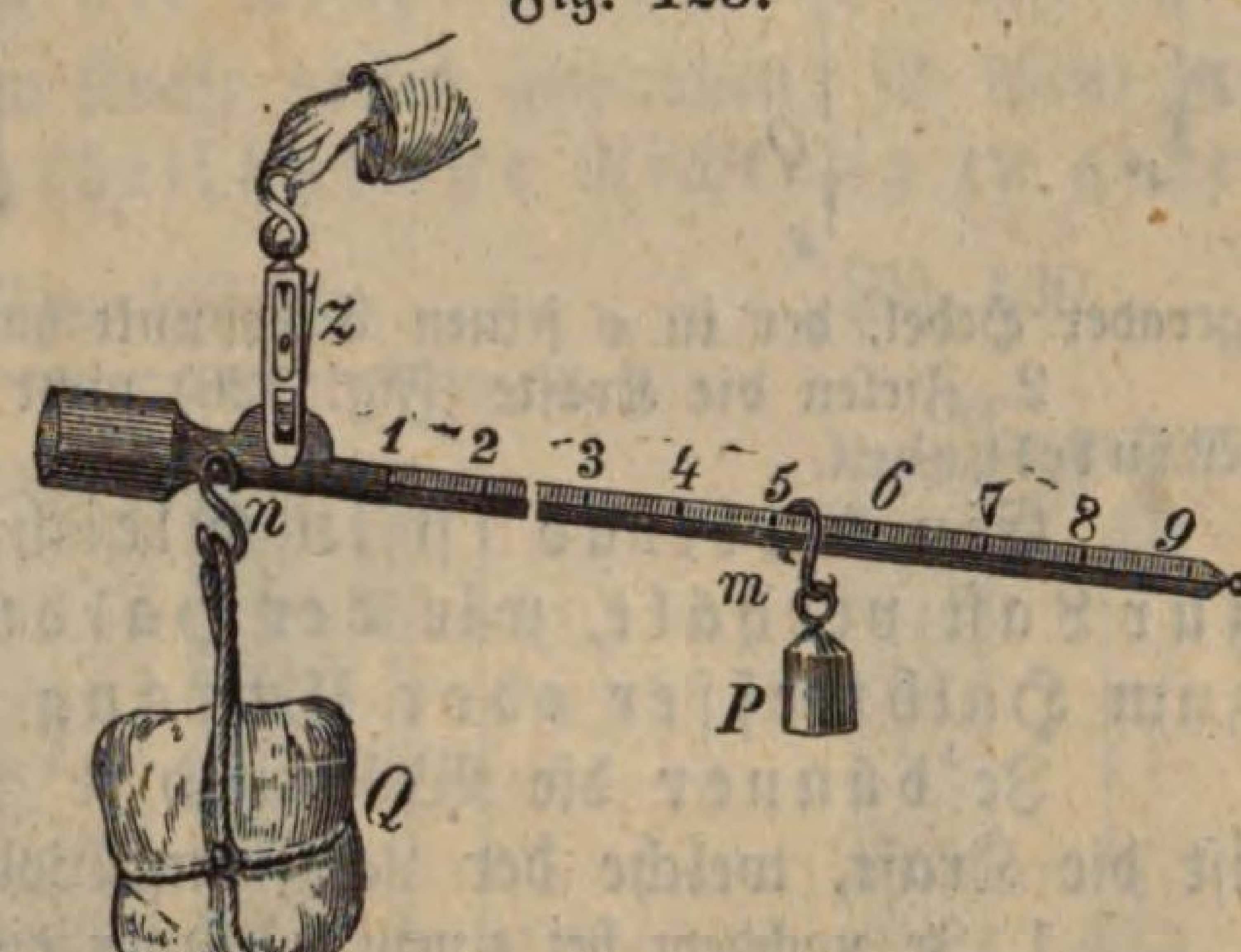


Fig. 123.

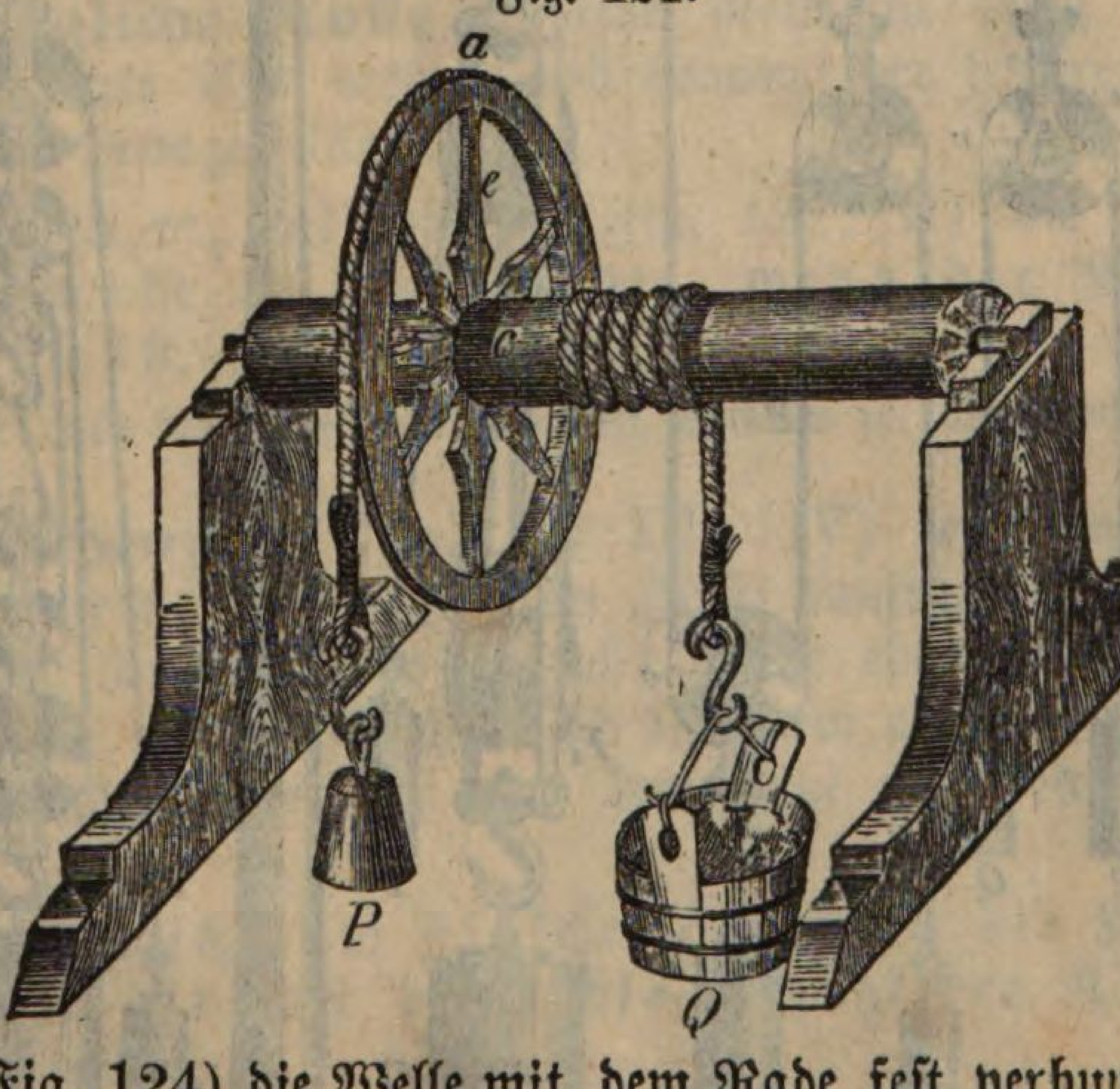


Q = 1 Kilogramm. Soll an diesem Hebel Gleichgewicht bestehen, so muß in einer Entfernung cm = cn ebenfalls ein Gewicht P = 1 Kilogramm wirken.

Man denke sich Q werde durch 2, 3, 4, 5, 6 . . . n Kilogramm ersetzt. Will man diesem Gewichte auch dann noch mit dem Gewichte P = 1 Kilogramm Gleichgewicht halten, so muß man dieses in einen Abstand von c bringen, der 2, 3, 4, 5, 6 . . . n mal größer als der kürzere Arm cn ist. Hierauf beruht die Schnellwage oder römische Wage (Fig. 123).

Gesetzt, es käme die Wage in's Gleichgewicht, wenn der ein Kilogramm schwere Laufer bei einem Punkt steht, wo die Theilung $5^1/_4$ zeigt, so wiegt die Waare $5^1/_4$ Kilogramm.

Fig. 124.



214. **Das Wellrad** (Fig. 124) ist ein um seine Axe drehbarer Cylinder, Welle, mit dem ein Rad verbunden ist, welches mit der Welle eine und dieselbe Axe hat.

Die Kraft P wirkt am Umfange des Rades, und die Last Q am Umfange der Welle. Weil (Fig. 124) die Welle mit dem Rade fest verbunden ist, so kann man annehmen, Kraft und Last liegen in ein und derselben Ebene (Fig. 125 und 126).

Fig. 125.

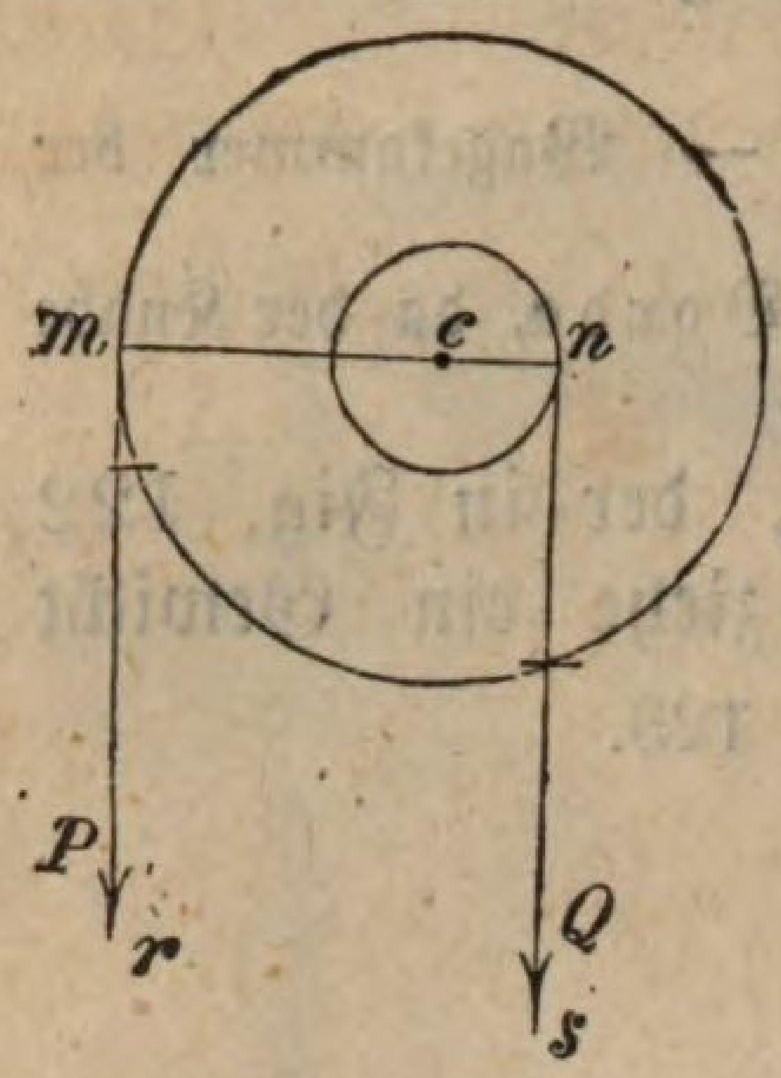
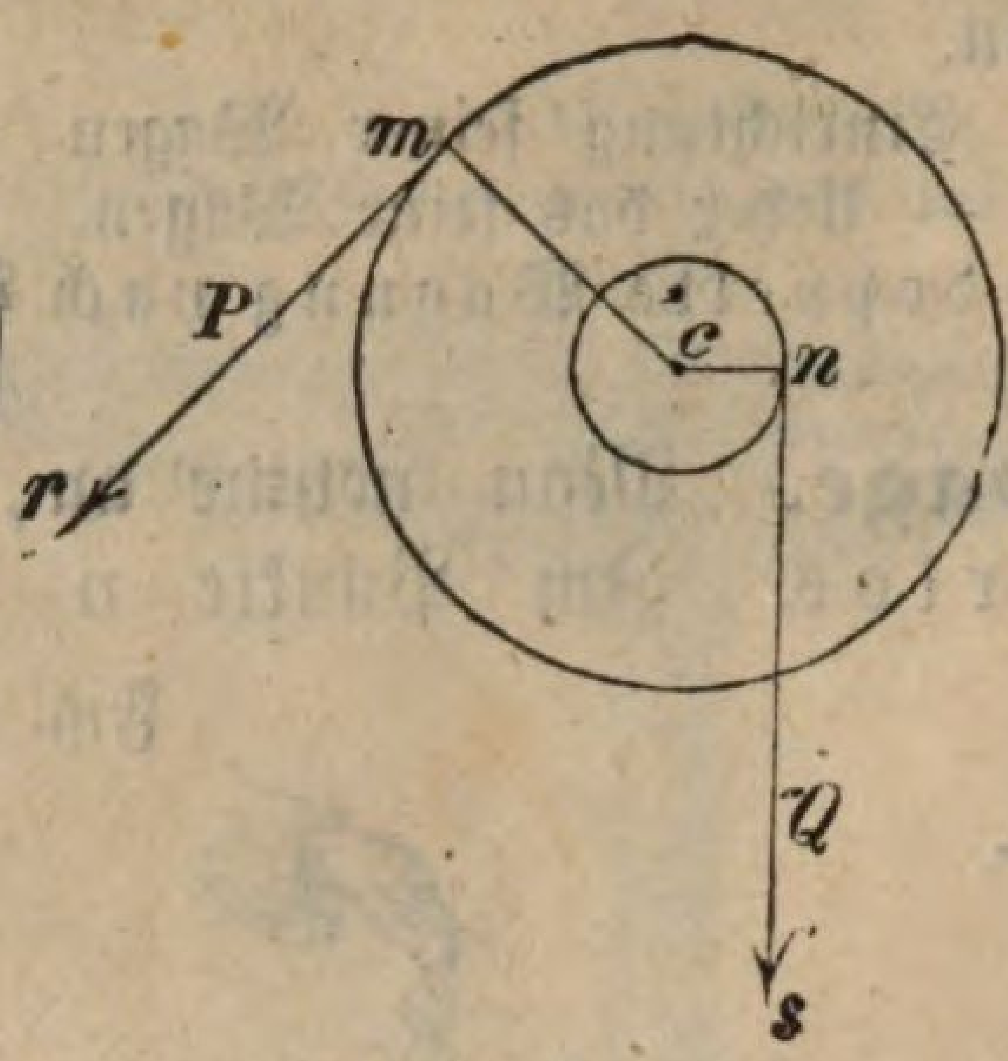


Fig. 126.



Es ist am vortheilhaftesten, wenn die Kräfte so wirken, daß sie mit den Halbmessern des Rades und der Welle **rechte Winkel** bilden.

Das Wellrad (Fig. 124 und 125) ist ein continuirlich wirkender Hebel.

1. Greifen (Fig. 125) die Kräfte **parallel** an, so erscheint das Wellrad als zweiarmiger, gerader Hebel, der in c seinen Drehpunkt hat.

2. Zielen die Kräfte (Fig. 126) nicht **parallel**, so erscheint das Wellrad als **Winkelhebel**.

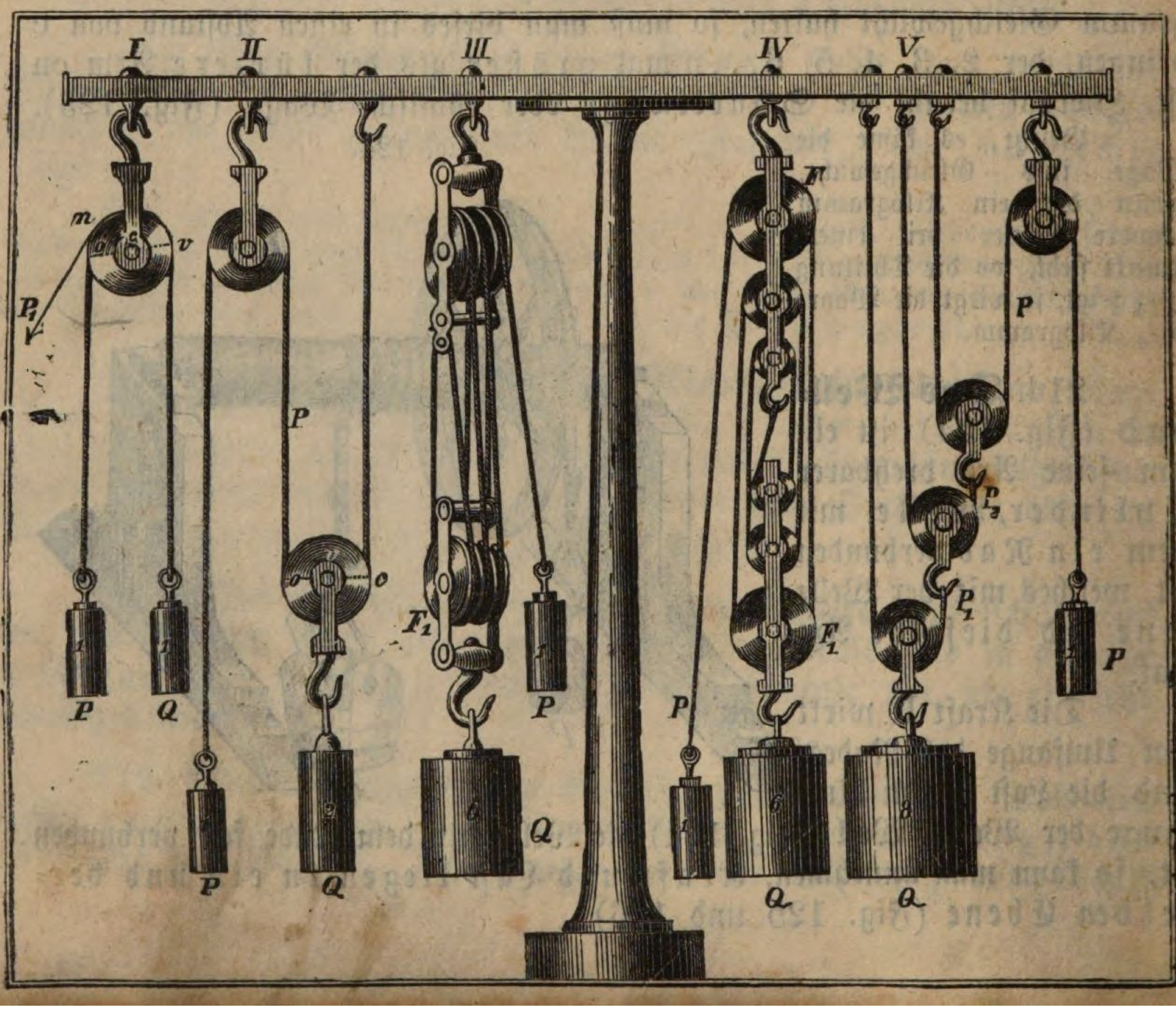
Ein Wellrad ist im Gleichgewicht, wenn sich die Kraft zur Last verhält, wie der Halbmesser oder Umfang der Welle zum Halbmesser oder Umfang des Rades.

Je **dünner** die Welle und je **größer** das Rad ist, desto kleiner ist die Kraft, welche der Last am Wellrade Gleichgewicht hält.

1. Je nachdem bei einem Wellrade die Welle **liegt** oder **steht**, heißt das Wellrad **Haspel** oder **Winde**. Zuweilen ist das Rad bloß durch eine oder mehrere **Speichen** oder **Kurbeln** ersetzt. **Dieß ändert bloß die Form und nicht das Wesen und Gesetz des Wellrades ab.**

2. Zu den Wellrädern gehören noch die Tret-, Lauf- und Wasserräder, ferner die Windflügel, eben so alle gezahnten Räder bei Uhren, Mühlen, ꝛc.

Fig. 127.



215. **Die Rolle** (Fig. 127 bei I) ist eine kreisrunde Scheibe, welche an ihrem Umfange mit einer Rinne zur Aufnahme eines Seiles versehen, und um eine durch ihren Mittelpunkt gehende Axe drehbar ist.

216. **Feste oder fixe Rolle** heißt jene Rolle (Fig. 127 bei I), welche nur um ihre Axe beweglich ist.

Die fixe Rolle ist ein Wellrad, bei welchem der *Halbmesser des Rades jenem der Welle gleich ist*; an einer *fixen Rolle ist also Gleichgewicht, wenn die Kraft gleich der Last ist.*

Bei der fixen Rolle wird an Kraft nichts gewonnen; sie dient nur, *einer Kraft* (Fig. 128) *die vortheilhafteste Richtung zu geben.*

Fig. 128.

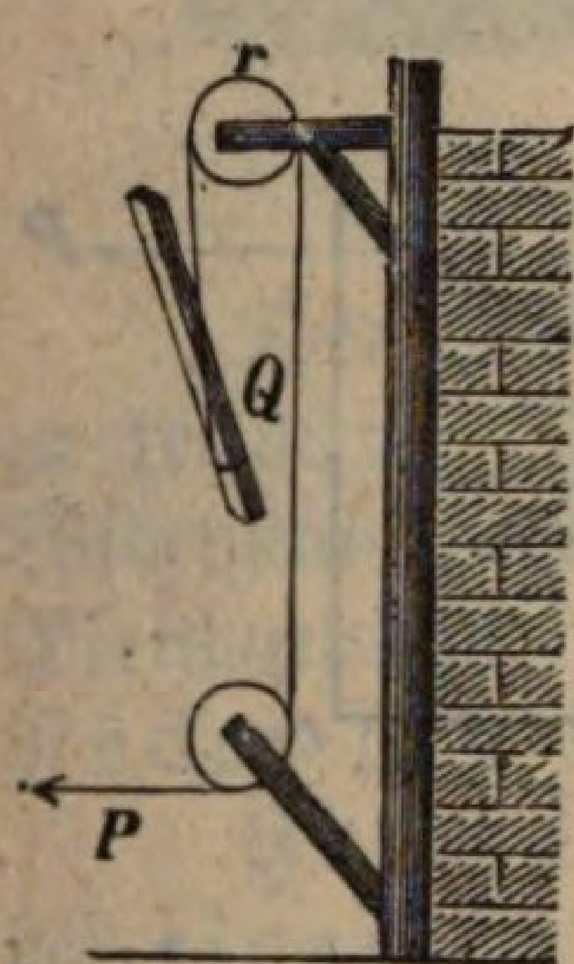


Fig. 129.

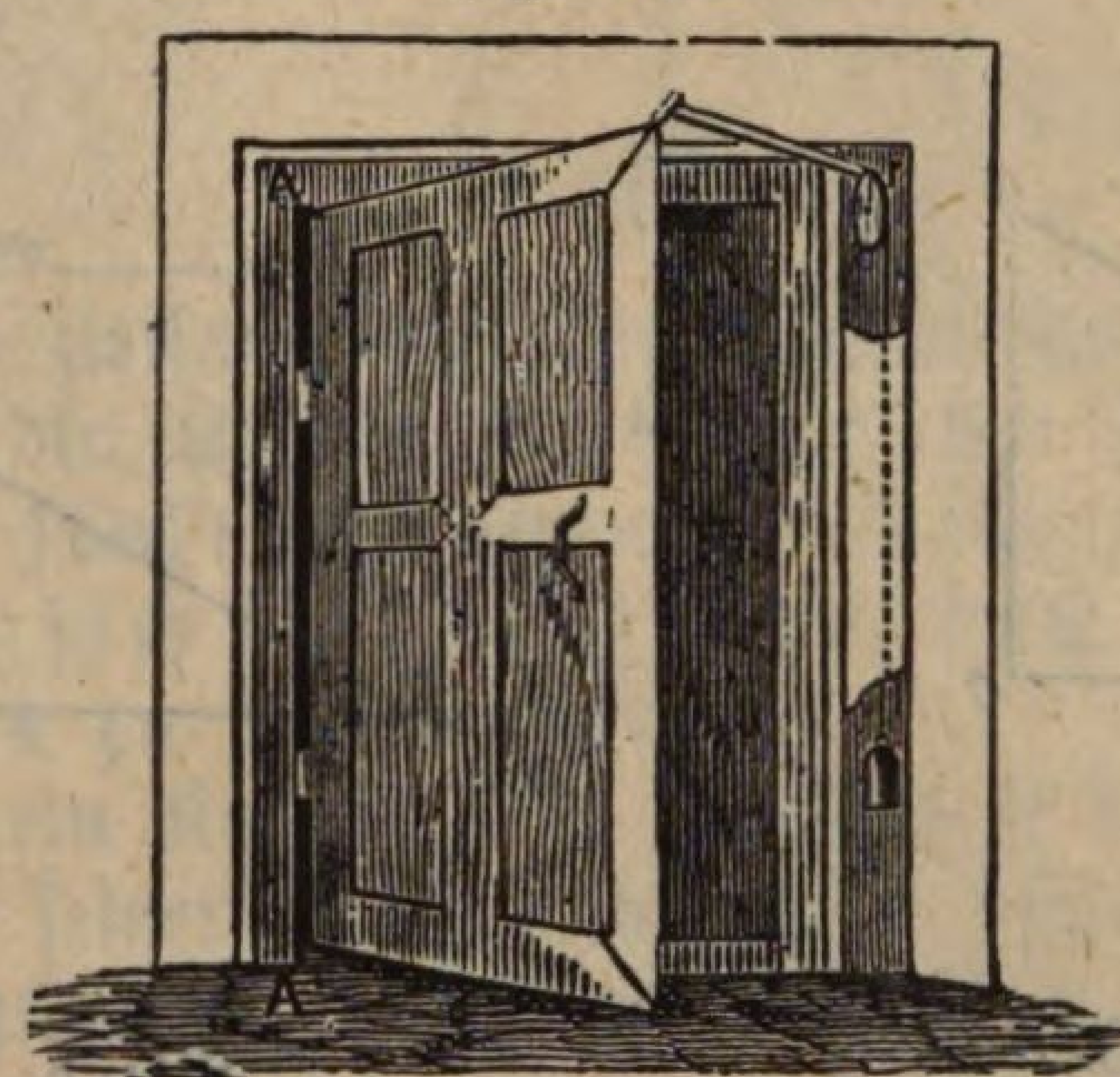


Fig. 130.



Beispiele. 1. Vermittelst fester Rollen können (Fig. 128) Pferde eine Last heben.

2. Vermittelst fixer Rollen (Fig. 129) schließt ein Gewicht eine Thür.

3. Mit Hilfe einer festen Rolle (Fig. 130) kann sich ein Maurer selbst aufwärtsziehen und herunterlassen.

217. **Die bewegliche Rolle** ist eine Rolle m (Fig. 127 bei II), welche sich um ihre Axe drehen und *sammt* der letzteren hin und her oder auf und ab bewegen läßt.

Eine bewegliche Rolle m, bei welcher (Fig. 127, II) die beiden Seilstücke *parallel* sind, ist im Gleichgewichte, *wenn die Kraft gleich der halben Last ist.*

Die bewegliche Rolle wird bei hängenden Laternen, Lampen ꝛc. angewendet.

218. **Der Flaschenzug** (Fig. 127 III, IV) zeigt mehrere Rollen, welche in einer *gemeinschaftlichen* Hülse laufen. Eine jede derartige Verbindung von Rollen heißt *Flasche*. Die obere Flasche ist *fix*, die untere *beweglich*. Beide Flaschen sind durch ein *einziges* Seil verbunden, welches abwechselnd je um eine bewegliche und eine feste Rolle läuft.

Für das Gleichgewicht am Flaschenzug wird die Kraft berechnet, wenn man die Last durch die Anzahl der Rollen beider Flaschen dividirt.

1. Man wendet selten mehr als 6 Rollen an, weil bei zunehmender Rollenanzahl die Reibung so groß wird, daß man an verwendbarer Kraft einbüßt.

2. Fig. 127 V zeigt einen Rollenzug. Derselbe ist praktisch unwichtig.
3. Archimedes 250 v. Chr. soll den Rollenzug bereits gekannt haben; ebenso das Gesetz der Rolle, des Wellrades und ihre Zurückführung auf die Hebel.

219. **Schiefe Ebene** heißt jede Ebene, welche mit einer wagrechten Ebene einen Winkel bildet.

Am Durchschnitt einer schiefen Ebene (Fig. 131) nennt man ac die Höhe, ab die Länge und bc die Basis der schiefen Ebene.

a) Soll (Fig. 131) die auf der schiefen Ebene liegende Last Q durch eine, mit der Länge der schiefen Ebene parallel wirkende Kraft P im Gleichgewichte erhalten werden, so muß sich die Kraft zur Last verhalten, wie die Höhe zur Länge der schiefen Ebene.

Fig. 131.

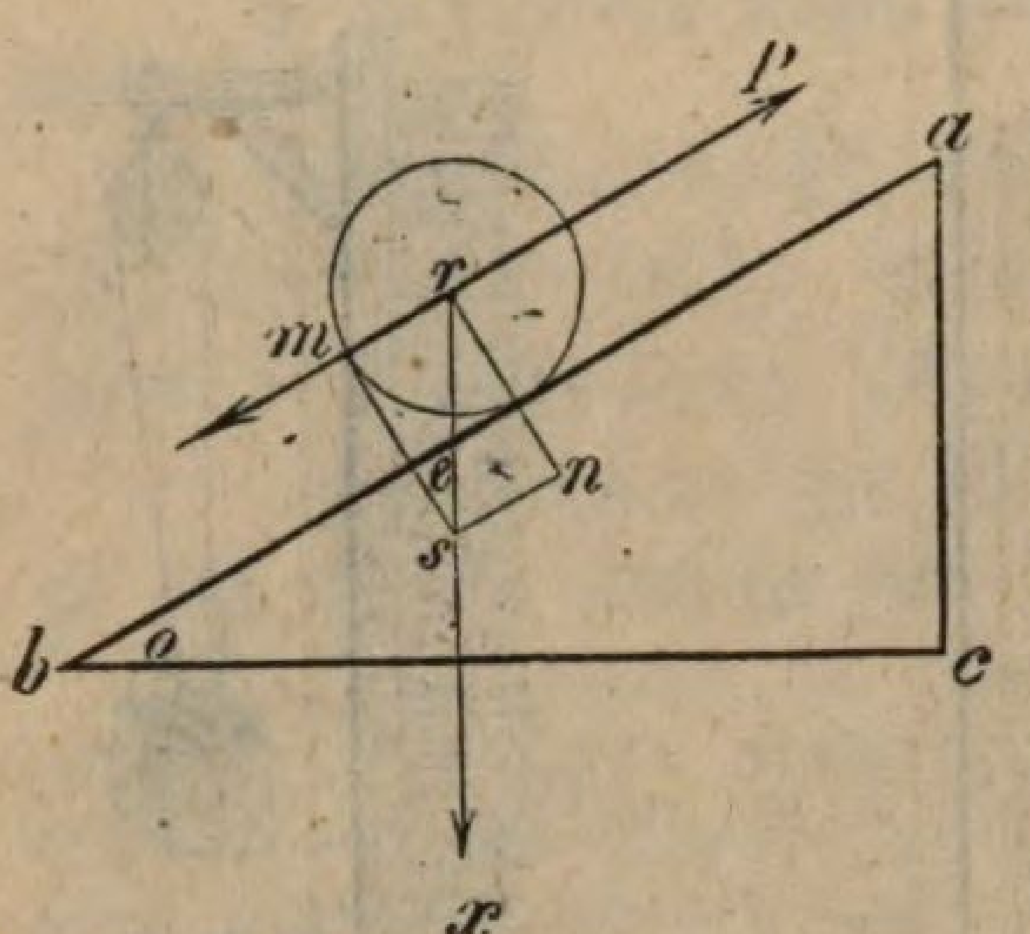


Fig. 132.

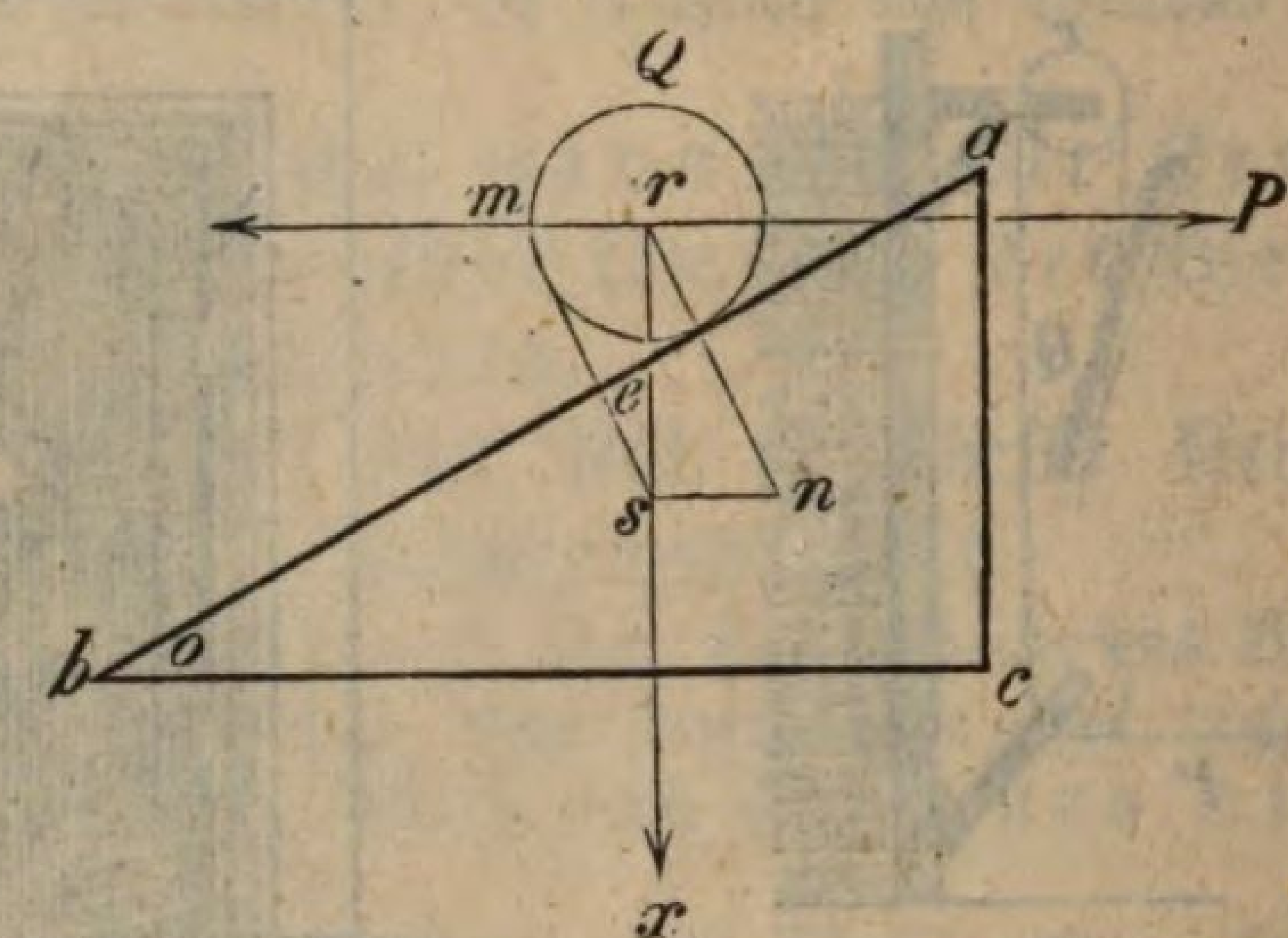
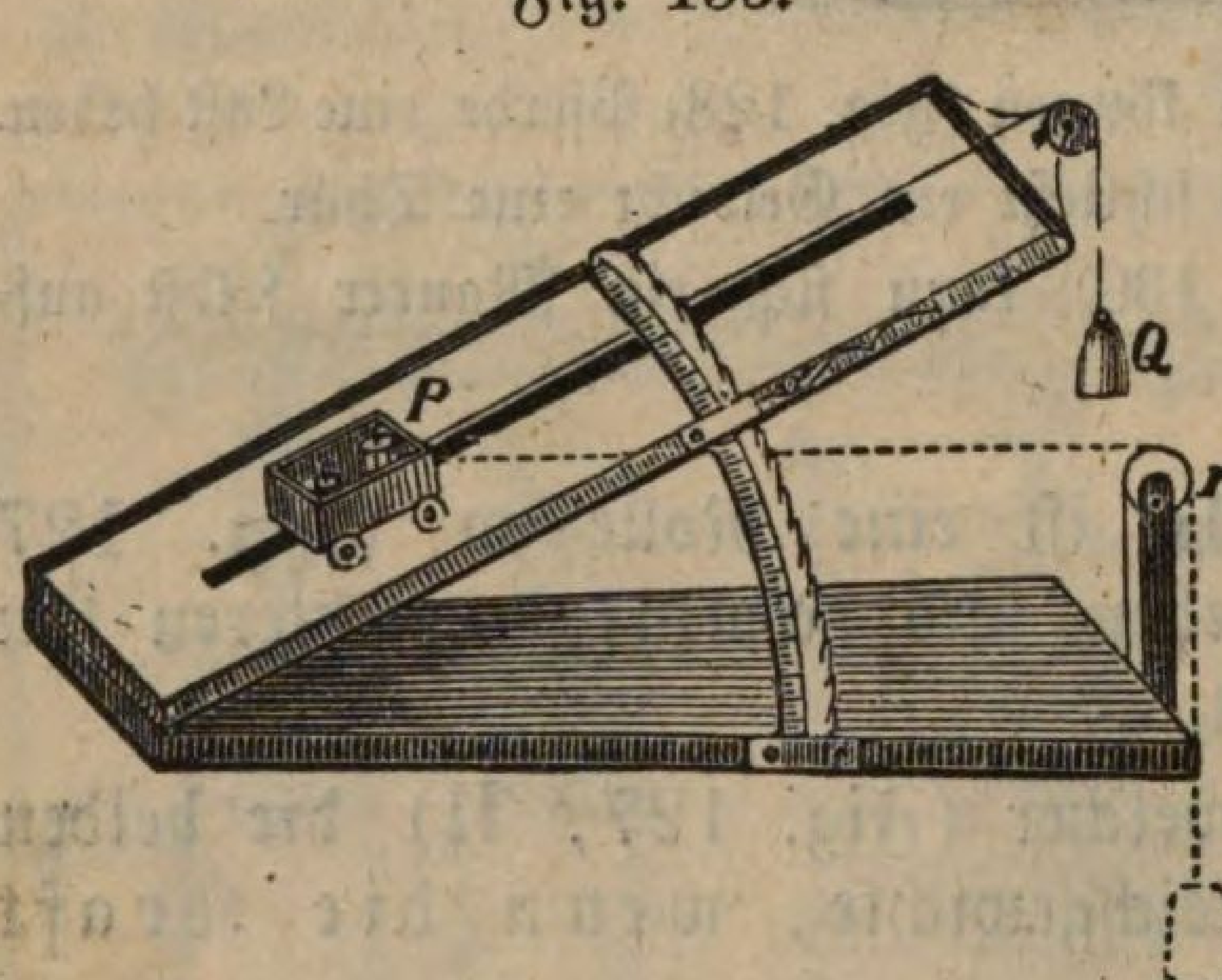


Fig. 133.



Wird der Neigungswinkel o der schiefen Ebene kleiner, so nimmt, bei derselben Länge, die Höhe, mithin die Kraft P ab.

Anwendung. 1. Vermittelst der schiefen Ebene bringt man Lasten auf bedeutende Höhen mit viel weniger Kraftaufwand, als wenn man die Lasten geradezu heben müßte, daher ihre Anwendung bei Bauten; ferner, um Fässer auf- und abwärts zu rollen, um Schiffe vom Stapel zu lassen oder an's Land zu ziehen. — Schrottleiter. — Weinbock.

2. Jede Bergstraße ist eine schiefe Ebene. Die Neigung derselben wird durch die auf eine gegebene Länge L kommende Höhe H ausgedrückt. $^1/_{20}$ Steigung heißt, es sei H=1 und L=20 Meter.

b) Soll (Fig. 132) die auf der schiefen Ebene liegende Last Q durch eine mit der Basis bc parallel wirkende Kraft P im Gleichgewichte erhalten werden, so muß sich die Kraft zur Last verhalten, wie die Höhe zur Basis der schiefen Ebene.

Wird der Winkel o der schiefen Ebene (Fig. 132) kleiner, so nimmt bei derselben Basis die Höhe, mithin die Kraft P ab.

Fig. 133 zeigt eine Vorrichtung zum experimentalen Nachweise.

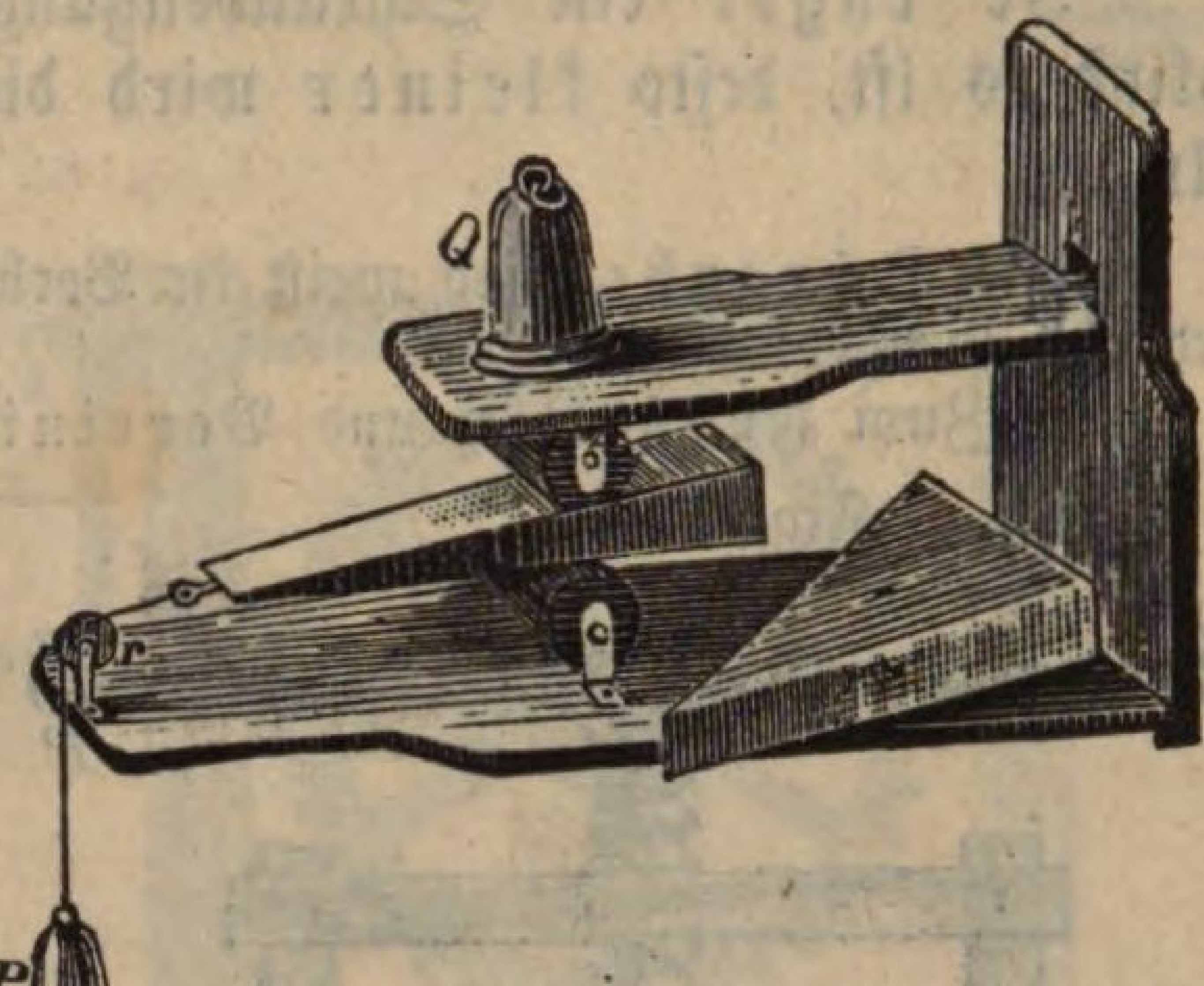
Wenn man, auf einer wagrechten Ebene stehend, einen Schiebkarren bergan stößt, so wirkt die Kraft parallel mit der Basis der schiefen Ebene. — Stevinus fand 1586 das Gesetz für die schiefe Ebene.

220. **Keil** nennt man ein gerades, dreiseitiges Prisma (Fig. 134) aus einer harten Materie.

Fig. 134.



Fig. 135.



Der Keil wird zwischen die Theile eines Körpers getrieben, um sie zu trennen. Trifft die Kraft senkrecht den Rücken und wirkt der Widerstand, als Last, senkrecht gegen die Seiten des Keiles; so ist Gleichgewicht, wenn sich die Kraft zur Last verhält, wie der Rücken des Keiles zu seiner Seite.

Je schärfer ein Keil ist, d. h. einen je schmäleren Rücken er bei einerlei Länge seiner Seiten hat, desto kleiner braucht, für den Zustand des Gleichgewichtes, die Kraft P zu sein.

Fig. 135 zeigt eine Vorrichtung zum experimentalen Nachweis.

Anwendung des Keiles. 1. Zum Trennen, Spalten, Zerschneiden der Körper. Hieher gehören: Aexte, Meißel, Säbel, Degen, Messer; die Schärfe der Hebelarme an Scheeren, die Zähne der Säge, die „Hiebe" der Feilen.

2. Zum Heben bedeutender Lasten auf geringe Höhen. Schiffe werden gehoben, indem man Keile unter den Kiel treibt. Gesenkte Balken hebt man dadurch, daß man Keile unter dieselben treibt.

3. Zum Feststellen der Hobeleisen, zum Schließen der Buchdruckerformen.

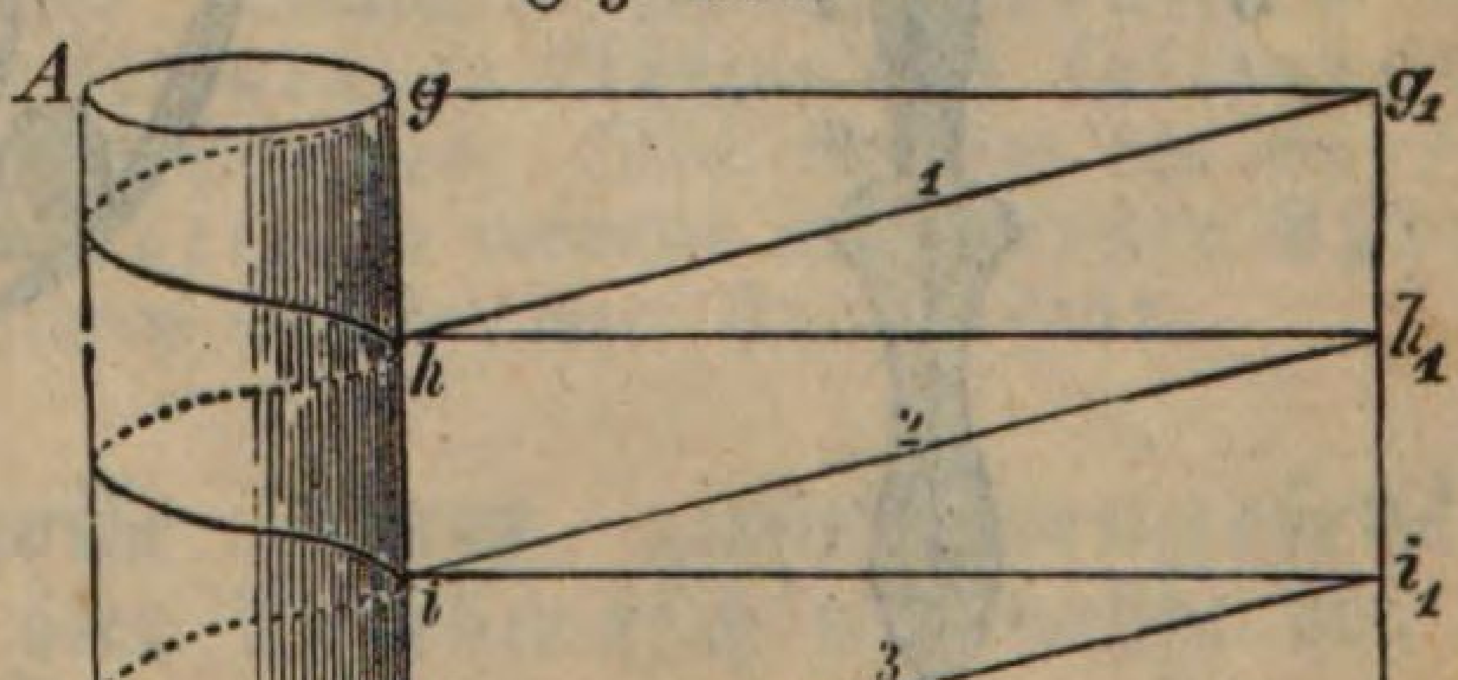
4. Zum Erzeugen des Druckes beim „Verzwicken" der Pflastersteine, beim Aufschlagen der Stiefel, bei den Keil- und Oelpressen.

221. **Die Schraube.** Wird (Fig. 136) eine biegsame, schiefe Ebene bi_1d, deren Grundlinie bd dem Umfange des Cylinders AB gleich ist, um den letzteren derart gewickelt, daß ihre Höhe i_1d mit der Axe des Cylinders parallel läuft; so entsteht ein einzelner Schraubengang, von dem i_1d die Höhe ist.

Wiederholt man dieses Verfahren mit mehreren, gleich großen, schiefen Ebenen, so erzeugt man eine zusammenhängende, von den Längen i_1b h_1i und g_1h . . . gebildete Schraubenlinie.

Bei der Schraube gilt das zweite Gesetz der schiefen Ebene, in anderer Form ausgesprochen:

Fig. 136.



An der Schraube ist Gleichgewicht, wenn die Kraft sich zur Last verhält, wie die Höhe eines Schraubenganges zum Umfange des Schraubencylinders.

Je enger ein Schraubengang und je größer der Umfang des Cylinders ist, desto kleiner wird die Kraft, welche der Last Gleichgewicht hält.

Die Schraube wird meist in Verbindung mit einem Hebel gebraucht; dieselbe wird angewendet:

1. Zum Feststellen und Vereinigen von Maschinentheilen ꝛc.

Fig. 137.

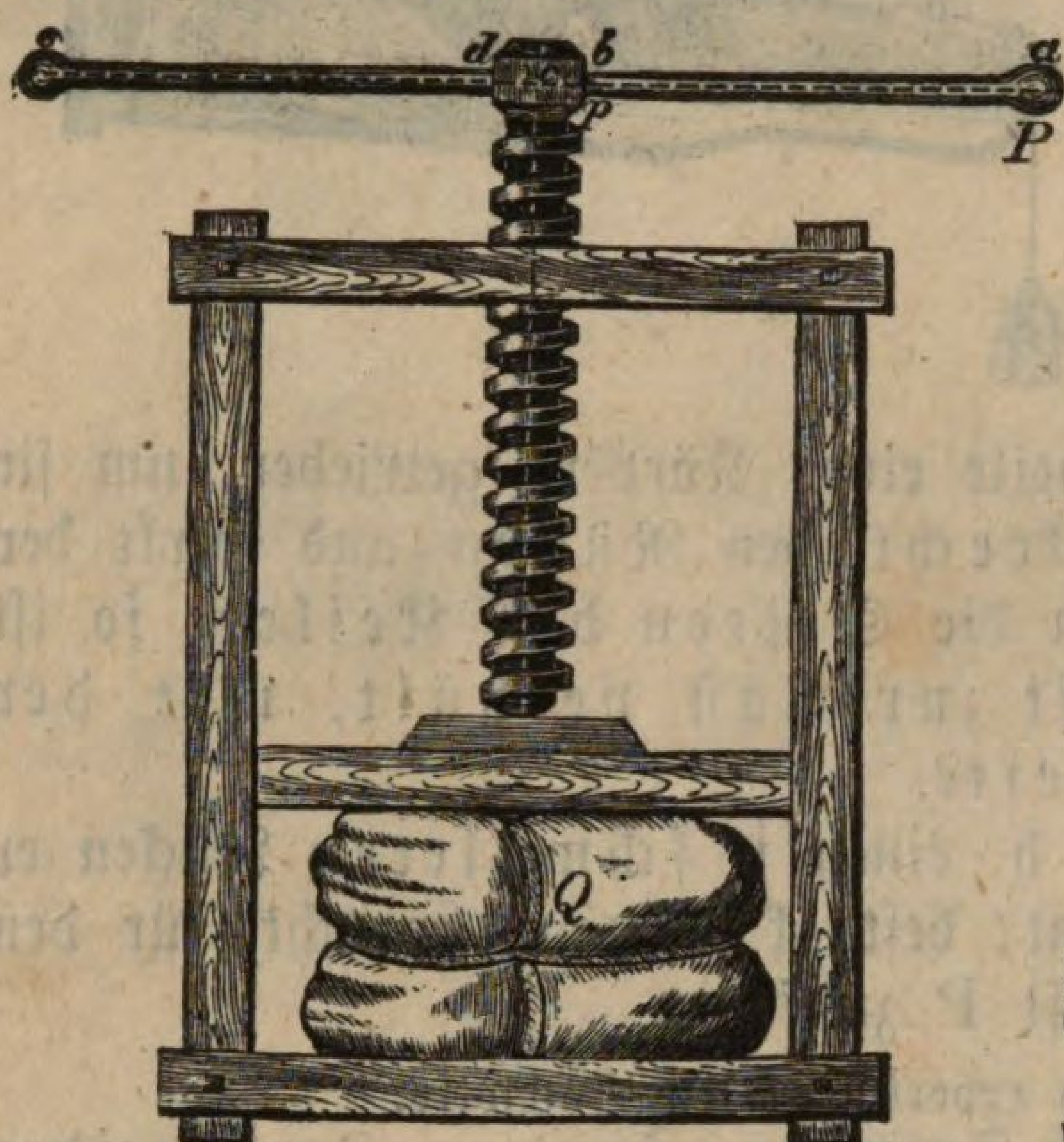
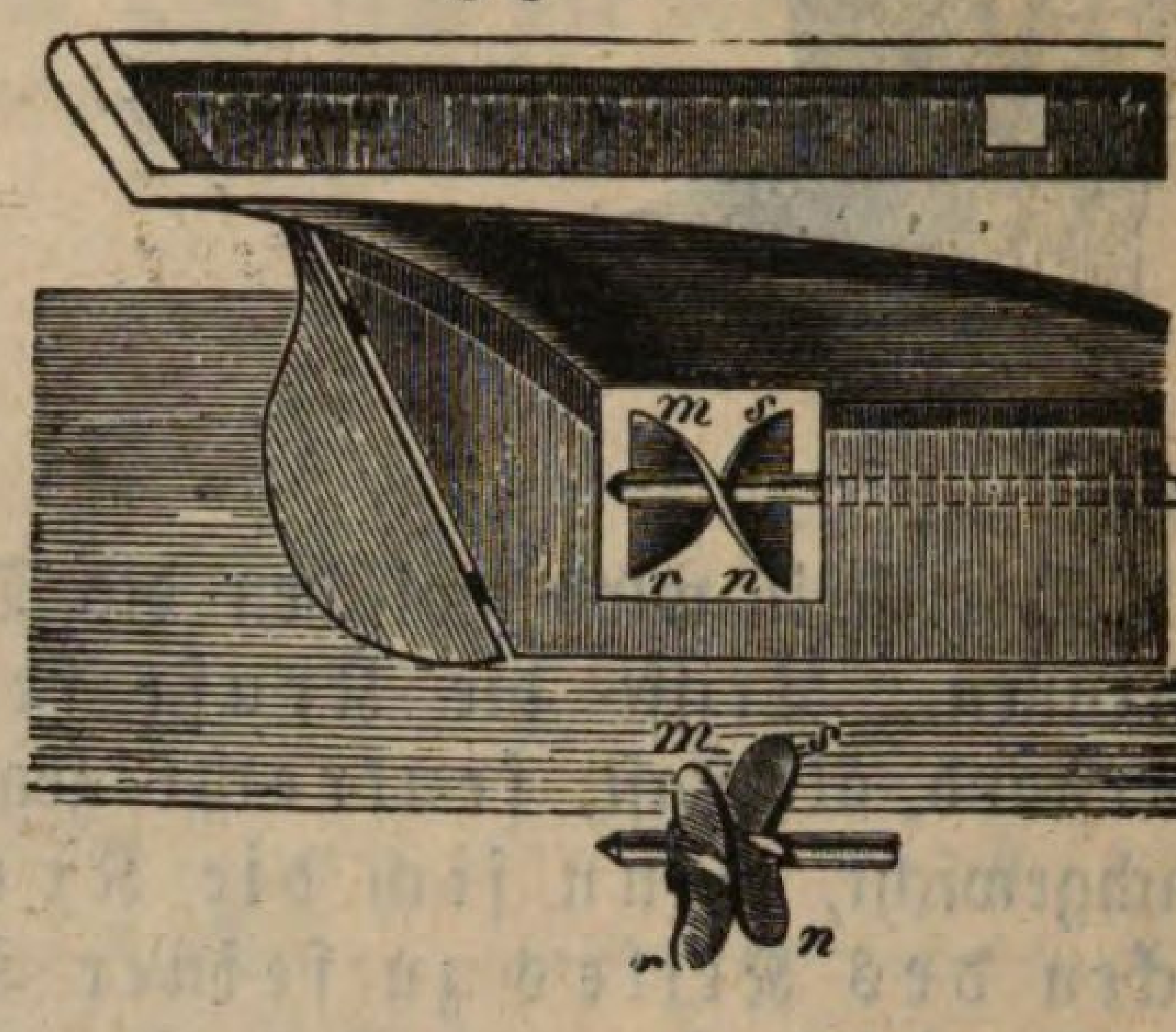


Fig. 138.



2. Zum Heben schwerer Lasten auf geringe Höhen, zu Pressen (Fig. 137). — Servietten- und Kartenpressen.

3. Für langsame Bewegungen bei Stangen- und Federzirkeln, Mikroskopen.

4. Bei den Schraubendampfern wird (Fig. 138) am hinteren Theil eine wagrechte Welle mit zwei oder drei windschiefen Flügeln von einer Dampfmaschine um die Axe gedreht. Im Wasser schrauben sich jene Flügel, also auch das Schiff als Last weiter. — Schulmodell. — Erfinder: Ressel 1827.

Fig. 139.

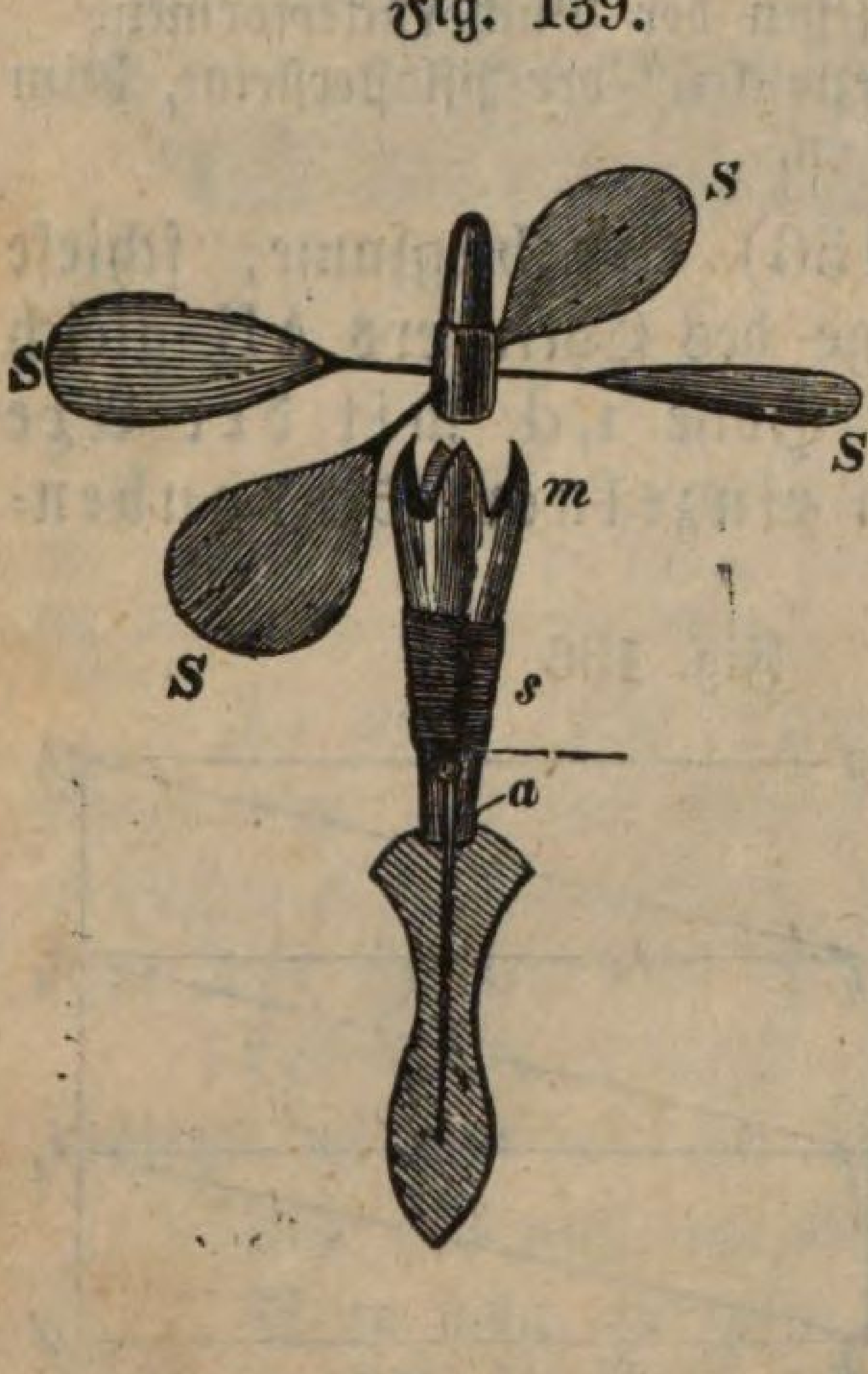
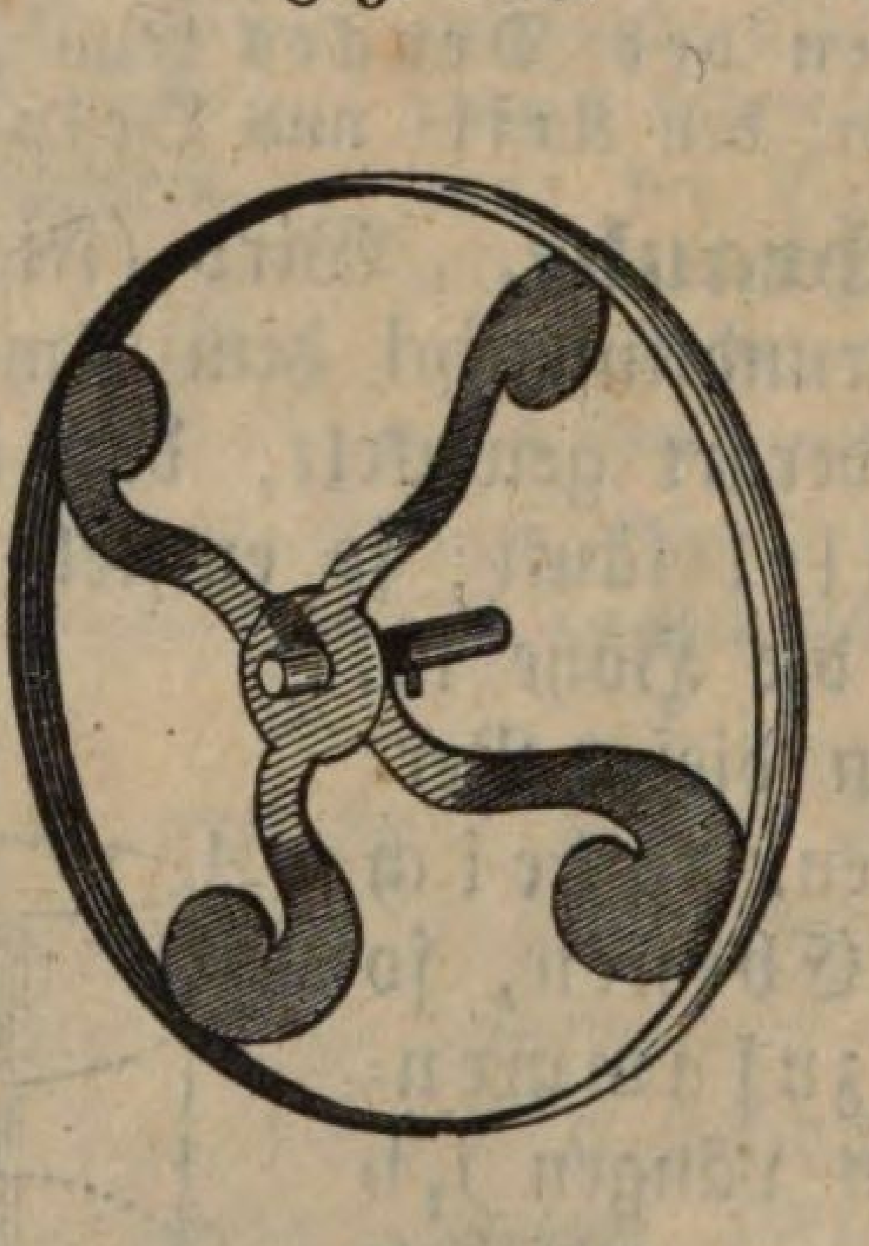


Fig. 140.



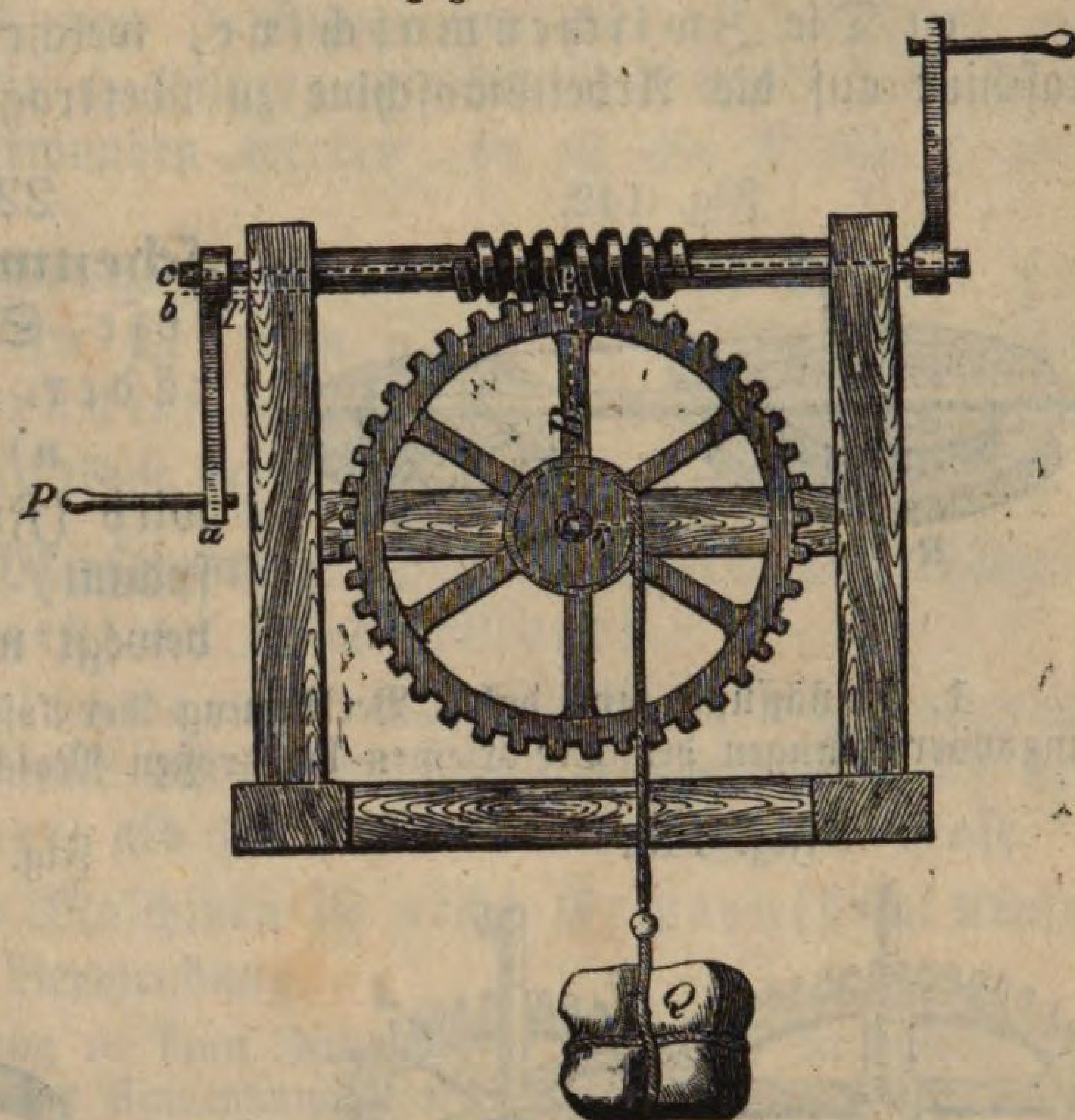
5. Die Flügel S S aus Pappendeckel (Fig. 139) liegen in einer Schraubenfläche. Versetzt man den geflügelten Dorn in rasche Rotation, so schraubt er sich weit in die Luft hinauf.

6. Läßt man diesen „Flieger“ aus einer Höhe herabfallen: so dreht er sich dabei; nach welcher Richtung und warum?

7. Ein Luftkreisel (Fig. 140) aus Blech, der mittelst einer aufgezogenen Feder in Umdrehung versetzt wird, erhebt sich ebenfalls in die Luft.

222. **Die Schraube ohne Ende.** Bei dieser (Fig. 141) greift das Gewinde einer Schraube in die Zähne eines Rades und es wird, bei jeder Umdrehung der Spindel, das Rad um die Höhe eines Schraubenganges fortgerückt, folglich eine an der Welle hängende Last gehoben. Die Kraft ist hier für den Gleichgewichtszustand bedeutend kleiner als die Last.

Fig. 141.



Anwendung zum Spannen der starken Saiten an größeren Baßgeigen, zum Herabschieben der eisernen Läden bei manchen Verkaufslokalen u. dgl.

223. **Maschinen** nennt man Vorrichtungen, z. B. Hebel, Räder, mittels welcher eine Kraft auf einen außerhalb ihrer Richtung liegenden Punkt wirkt, wo sie eine Last zu überwinden sucht. Dies wäre der Kraft, wenn sie den Punkt unmittelbar angriffe, schwer oder gar nicht möglich.

224. **Einfache Maschinen** heißen solche, bei welchen keine Theile vorkommen, die für sich als Maschinen angesehen werden können.

Hierher gehören: 1. Der Hebel. 2. Das Wellrad. 3. Die Rolle. 4. Die schiefe Ebene. 5. Der Keil. 6. Die Schraube.

225. **Zusammengesetzte Maschinen** nennt man solche, welche aus mehreren mit einander verbundenen, einfachen Maschinen bestehen.

Hebel- und Rädersysteme, Flaschenzüge, die Schraube ohne Ende.

226. **Motoren** heißen die materiellen Träger der bewegenden Kräfte.

Zu den Motoren, Bewegern oder Triebkräften gehören: Menschen und Thiere vermöge ihrer Muskelkraft; fließendes Wasser und fallende Gewichte vermöge ihrer Schwere und des Stoßes; Wind vermöge des Stoßes; Dämpfe, Gase und explodirende Materien vermöge ihrer großen Spannkraft; die Metall- und andere Spannfedern vermöge ihrer Elasticität.

227. **Hauptbestandtheile einer zusammengesetzten Maschine.** a) Die Kraft- oder Triebmaschine, welche von der Kraft unmittelbar bewegt werden kann.

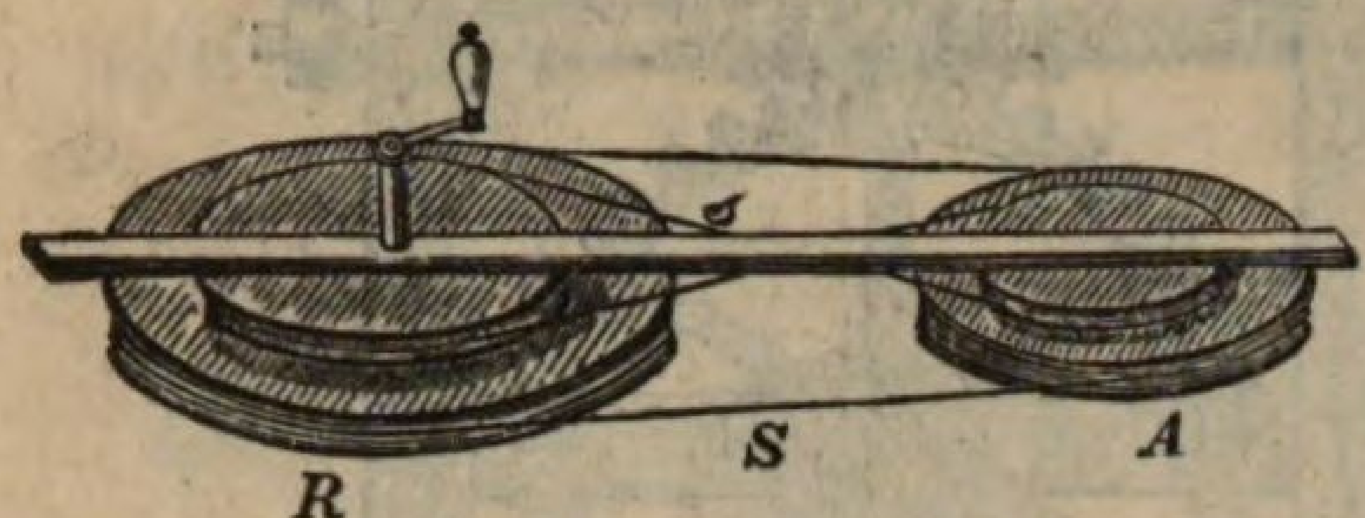
Wasserräder, Windflügel, der Kolben im Dampfcylinder bei der Dampfmaschine, die Federtrommel und die Gewichtsrolle der Uhren.

b) Die Arbeitsmaschine, Werkzeug- oder Fabrikationsmaschine, welche die Arbeit unmittelbar auszuüben bestimmt ist.

Die Mühlsteine, der Hammer beim Hammerwerk, der Bohrer bei Bohrwerken.

c) Die Zwischenmaschine, welche die Bewegung der Kraftmaschine auf die Arbeitsmaschine zu übertragen hat.

Fig. 142.



228. **Die einfacheren Zwischenmaschinen** sind: die endlose Schnur und die Zahnräder.

a) Die Schnur ohne Ende wird (Fig. 142) um die Räder gespannt, wo sie durch die Reibung bewegt wird, und wieder bewegt.

1. Annässung und daher Verkürzung der lose gewordenen Schnur. — Spannungsvorrichtungen der Treibriemen bei großen Maschinen.

Fig. 143.

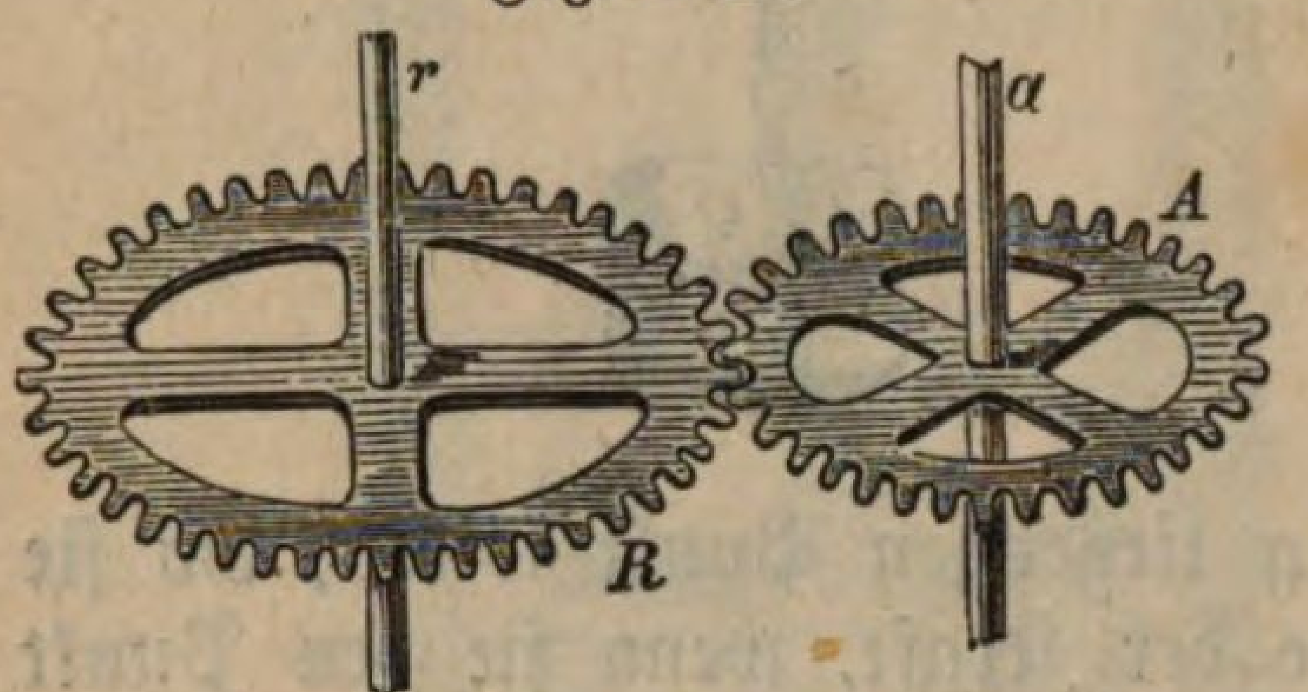


Fig. 144.

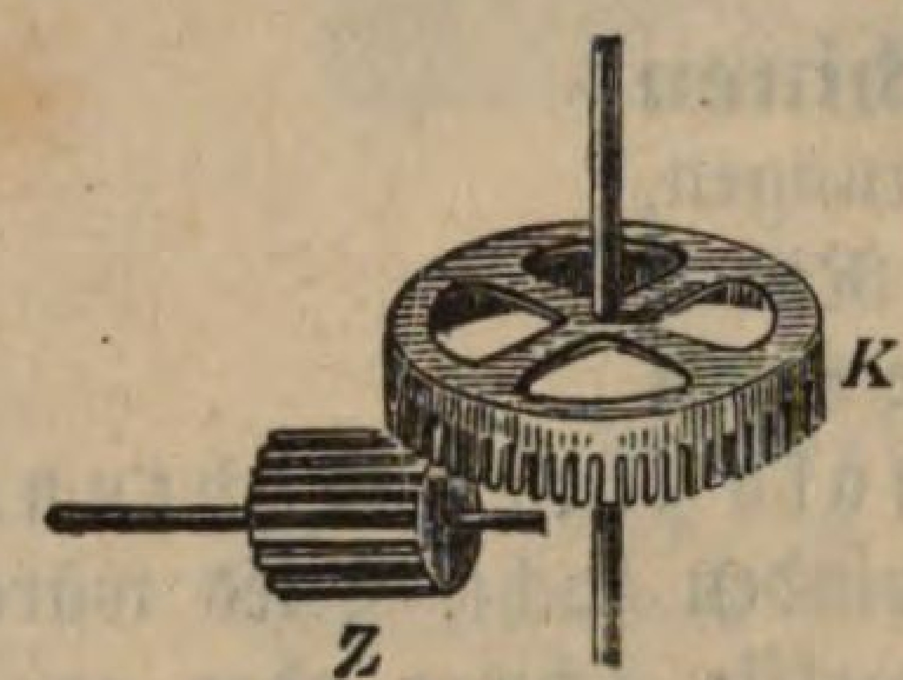
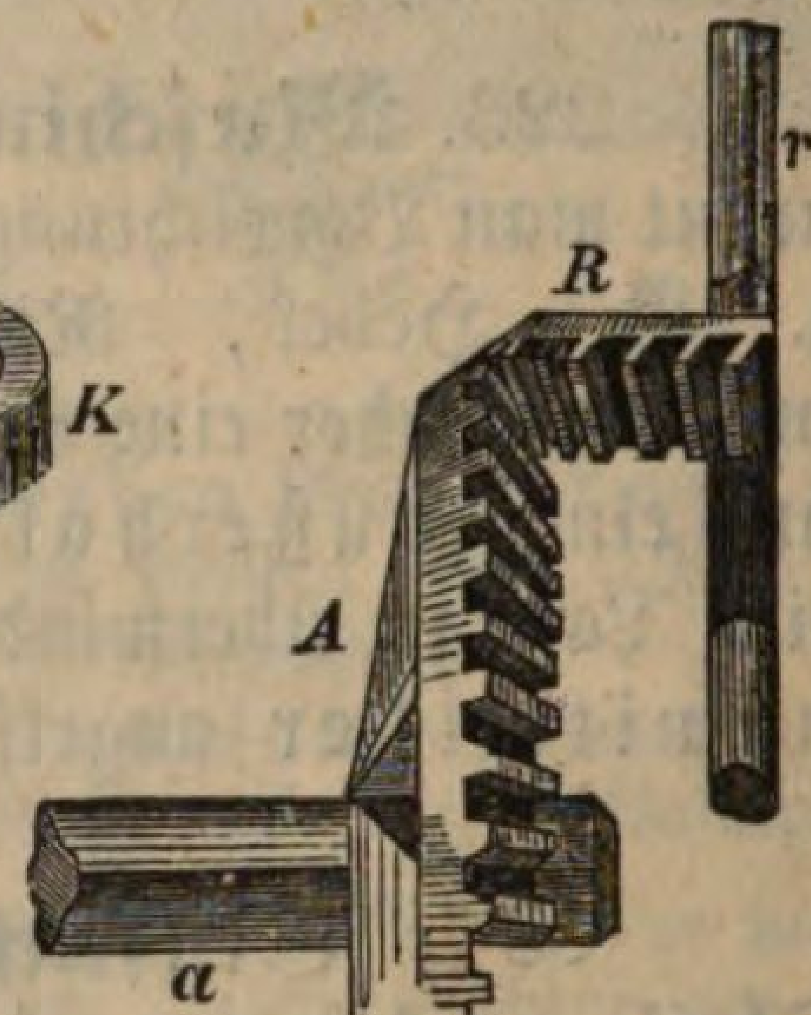


Fig. 145.



2. Die Schnur muß (Fig. 142) gekreuzt werden, wenn die durch dieselben verbundenen Räder eine gegenläufige Bewegung erhalten sollen.

b) Statt den Rädern durch bloße Reibung eine entgegengesetzte Bewegung zu ertheilen, wendet man Zahnräder an und zwar Stern- oder Stirnräder (Fig. 143) und Kronräder (Fig. 144). Die letzteren sowie die konischen Räder (Fig. 145) dienen, um Bewegungen auf verschiedene Ebenen zu übertragen.

c) Von 2 mit einander verbundenen Rädern dreht sich jenes Rad 2, 3, 4 ... mal schneller um, welches einen 2, 3, 4 ... mal kleineren Umfang oder welches 2, 3, 4 .... mal weniger Zähne hat.

1. Kleinere Räder (Z in Fig. 144) heißen Getriebe oder Triebstöcke.

2. Rotirende Bewegungen lassen sich in hin- und hergehende verwandeln und umgekehrt. — Das Seil beim Wellrad, Schraubenspindeln sammt Mutter, Zahnstangen sammt Getriebe, Kurbel, excentrische und Herzscheiben.

3. Maschinen-Modelle und Maschinen-Zeichnungen zur Analyse vorlegen.

229. **Die Arbeit** einer Kraft besteht darin, daß die Last durch einen gewissen Weg gleichmäßig gehoben oder überwunden wird.

Die Arbeit einer Kraft ist größer, je länger der Weg ist, längs dessen ein und derselbe Widerstand überwunden wird.

Das Durchgraben von 20 □ Meter Acker mit gleichmäßigem Kraftaufwande gibt eine zwanzigmal so große Arbeit, als wenn man, in gleicher Weise, nur 1 □ Meter gegraben hätte.

230. **Größe einer Arbeit.** Jene Arbeit, welche nöthig ist, um in einer Sekunde ein Kilogramm einen Meter hoch zu heben, heißt Kilogramm-Meter und wird als Einheit der Arbeit angenommen.

Ist nun ein Widerstand von 5 Kilogramm auf einen Meter zu überwinden, so ist die Arbeit 5 Kilogramm-Meter. Soll aber dieser Widerstand auf 4 Meter überwunden werden, so ist die Arbeit 5 mal 4 Kilogramm-Meter.

Daraus folgt: Die Größe irgend einer Arbeit wird gefunden, wenn man den in Metern gegebenen Weg mit der in Kilogrammen ausgedrückten Kraft multiplicirt.

Wie würde man in analoger Weise das Fußpfund definiren?

231. **Leistung der Maschinen.** Was mittels Maschinen an Kraft erspart wird, geht an Zeit verloren.

Durch keine Maschine kann etwas an Arbeit gewonnen werden. Durch die Reibung und durch den Luftwiderstand wird die beabsichtigte Arbeit sogar kleiner, als die Arbeit der bewegenden Kraft.

Das wahre Ziel der Maschinen ist nicht Ersparniß an Kraft, sondern ihre zweckmäßige Verwendung.

1. Mittelst Hebel, Flaschenzug 2c. kann Jemand eine Last zwar nur langsam, aber dennoch heben, der es bei bloßer Anwendung seiner Muskelkraft nicht vermöchte.

2. Große Geschwindigkeiten und regelmäßige Bewegungen mittels Maschinen.

232. **Das perpetuum mobile unmöglich.** Bei einem perpetuum mobile soll der ein einzigesmal in Bewegung gesetzte erste Maschinentheil den zweiten, dieser den dritten u. s. w., und der letzte wieder den ersten unaufhörlich bewegen.

Die Wirkung des ersten Theiles der Maschine gelangt, durch die Bewegungshindernisse sehr vermindert, zum letzten Theil, und von diesem nochmals verringert zum ersten Theil u. s. w. — bald muß also die Maschine zur Ruhe kommen.

E. Bewegung an der Fallmaschine, auf der schiefen Ebene und beim Pendel.

233. **Aufgabe der Fallmaschine.** Die Bewegung beim freien Falle ist eine gleichförmig beschleunigte. Diese läßt sich jedoch, wegen der großen Geschwindigkeit, mit welcher die Körper fallen, nur sehr schwer unmittelbar beobachten. Auch wird hiebei das Gesetz durch den bedeutenden Widerstand, welchen die Luft dem fallenden Körper entgegensetzt, etwas abgeändert. Man bedient sich daher, um die Gesetze des freien Falles vermittels Versuchen nachzuweisen, am liebsten der Atwood'schen Fallmaschine (1784), durch welche die obigen Uebelstände beseitigt sind.

234. **Die Fallmaschine.** An einer lothrechten Säule (Fig. 146 und 147), befindet sich oben eine um ihre Axe leicht bewegliche Rolle. In der Nut der letzteren liegt ein Faden, an dessen Enden sich gleiche Gewichte m und n in Ruhe erhalten.

Fig. 147. Fig. 146.

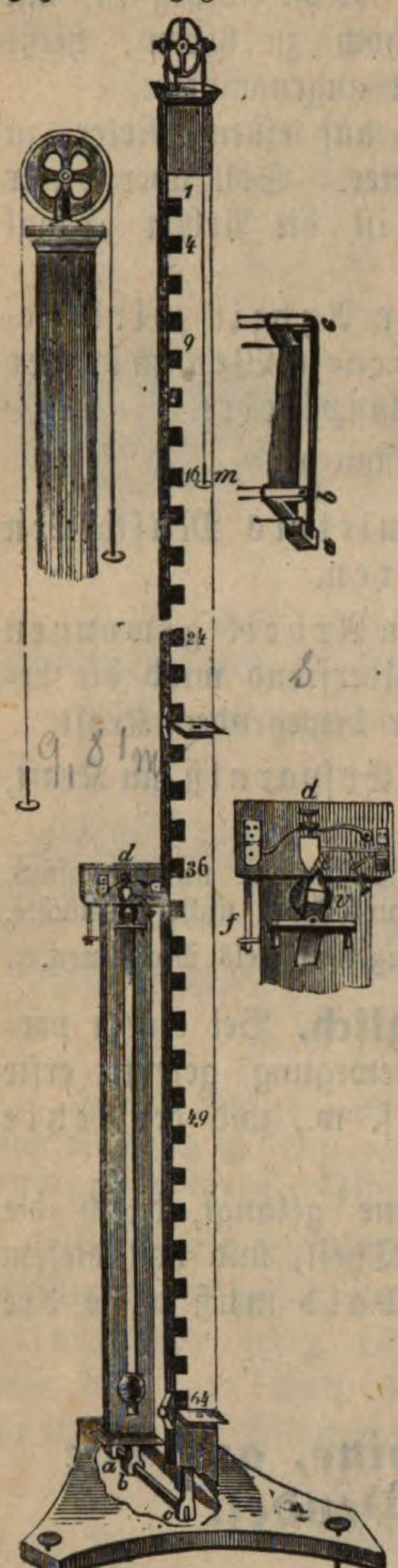
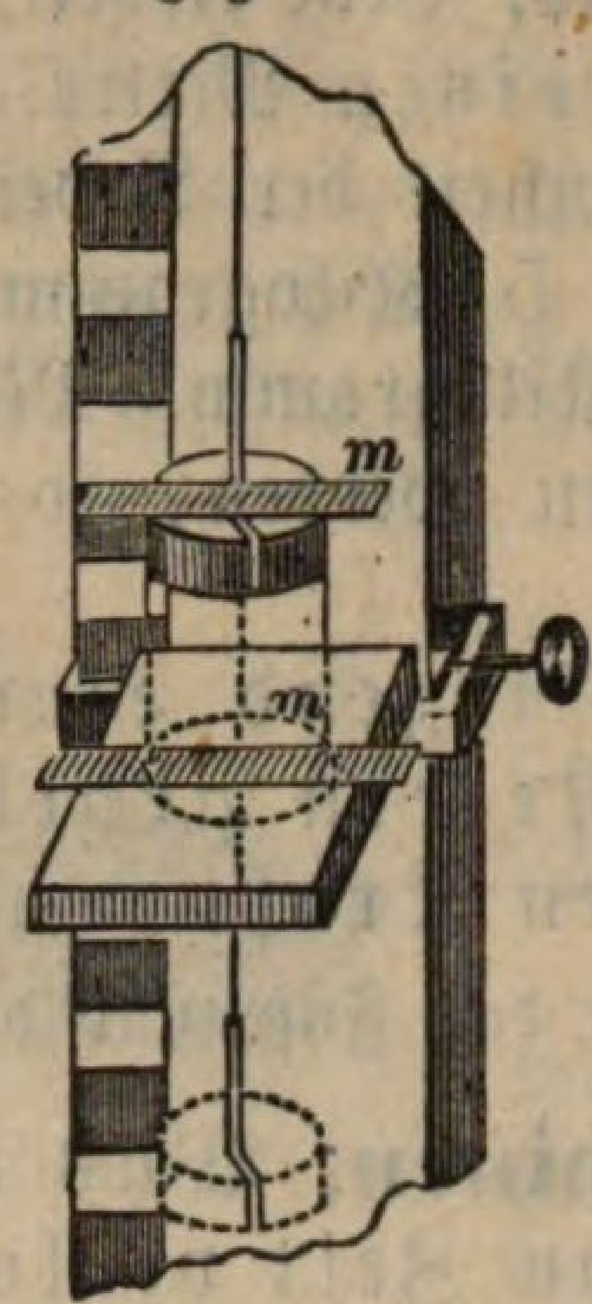


Fig. 148.



Legt man auf m ein Gewichtchen, so wird es sich nur langsam abwärts bewegen, weil seine Ueberwucht die Gewichte m und n in Bewegung zu bringen, und die Reibung der Rolle zu überwinden hat.

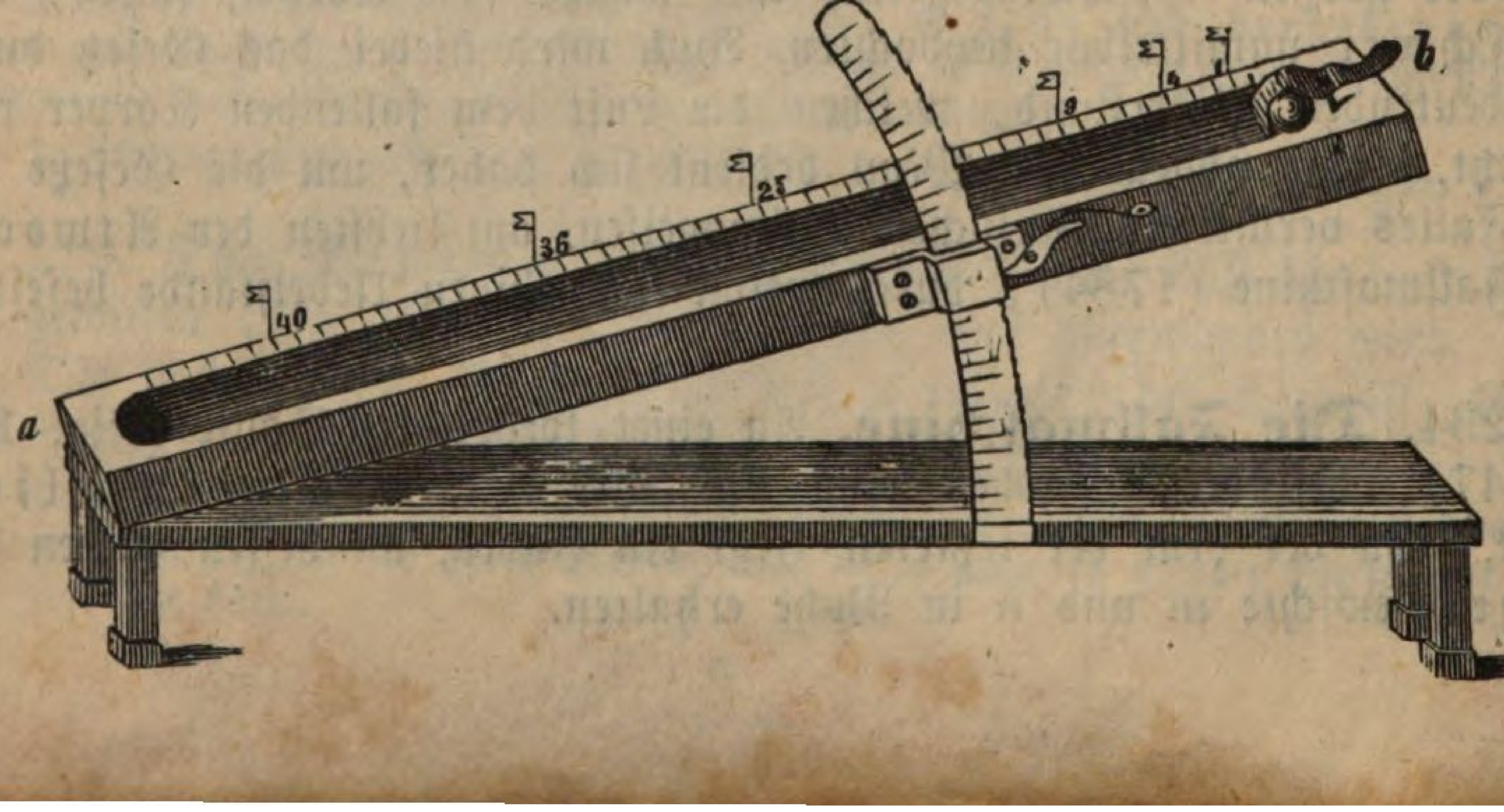
235. **Versuche an der Fallmaschine.** a) Man sucht ein Zulege-Gewichtchen, welches bewirkt, daß
in der ersten Sek. $1=1^2$ Theil
in den ersten 2 Sek. $4=2^2$ Theile
" " " 3 " $9=3^2$ "
" " " 4 " $16=4^2$ "
beschrieben werden.

b) Man sieht ferner sogleich, daß hier
der Weg in der 1ten Sek. 1 Theil
" " " " 2ten " 3 Theile
" " " " 3ten " 5 "
" " " " 4ten " 7 " ist.

c) Wenn man (Fig. 148) das fallende Zulegegewichtchen mittels eines Ringes abhebt, so bewegt sich das Gewichtchen, vermöge seiner Trägheit, mit der erlangten Endgeschwindigkeit gleichförmig weiter.

236. **Das Fallen auf der schiefen Ebene.** Ein auf einer schiefen Ebene liegender Körper (Fig. 131 S. 72) muß sich, vermöge der zum ganzen Gewicht rs gehörenden Seitenkraft rm, längs der schiefen Ebene hinabbewegen, wenn nicht eine Gegenkraft diese Bewegung hindert. Da die Componente rm des Gewichtes rs auch constant wirkt, so ist die von ihr hervorgerufene Bewegung gleichförmig beschleunigt.

Fig. 149.



Die neue Beschleunigung wird, unter sonst gleichen Umständen 2, 3, 4, 5...n mal kleiner, wenn an der schiefen Ebene die Höhe 2, 3, 4, 5....n mal kleiner oder die Länge 2, 3, 4, 5...n mal größer wird, oder auch: Die Bewegung ist um so langsamer, je kleiner (Fig. 131) der Neigungswinkel o der schiefen Ebene ist.

2. Man lasse glatte Kugeln längs einer mit einer Scala versehenen schiefen Rinne (Fig. 149, S. 78) hinabrollen, so ergibt sich ähnliches wie bei der Fallmaschine. Galilei 1602. — Schiefe Ebene mit Glockenschlag.

237. **Das Gesetz des Fallens.** Beim freien Fallen ist die Beschleunigung (g) viel größer als an den verlangsamenden Fallapparaten (§. 233 bis §. 236). Sie beträgt 9·809 Meter (31 W. F.).

1. Beim ungehinderten Fallen wachsen die Wege, wie die Quadrate der Anzahl jener Sekunden, welche seit dem Anfange der Bewegung verflossen sind.

2. Beim nicht gestörten Fallen wachsen die in den einzelnen Sekunden zurückgelegten Wege, wie die ungeraden Zahlen.

Der beim freien Falle in einer gewissen Sekundenanzahl zurückgelegte Weg wird gefunden, wenn man die halbe Beschleunigung mit dem Quadrate der Sekundenanzahl multiplicirt. — Beispiele. — Galilei 1602.

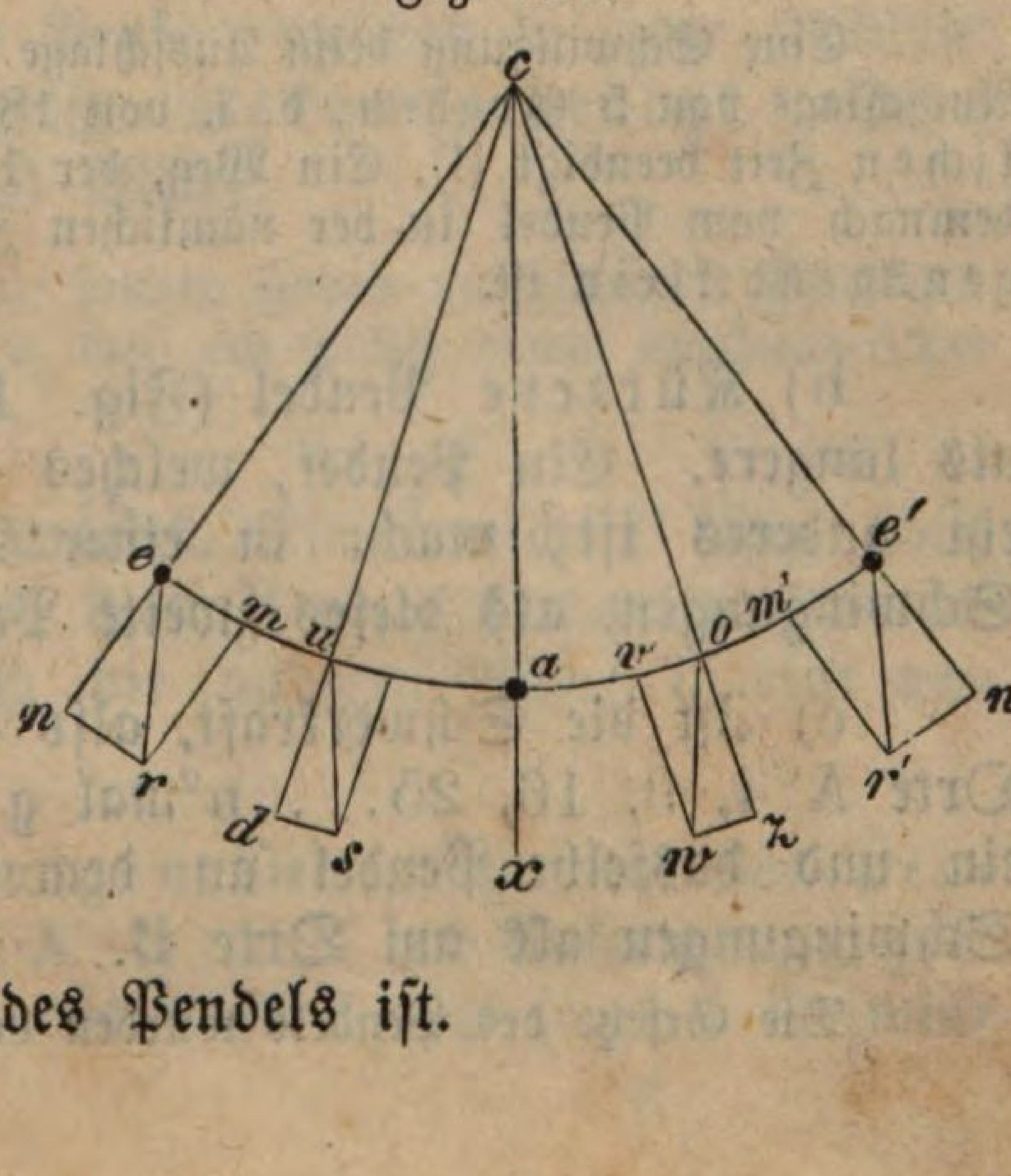
238. **Mathematisches Pendel.** Ein schwerer Punkt a (Fig. 150), welcher an einem schwerlos angenommenen Faden ca befestigt, und um eine wagrechte Axe c drehbar ist, heißt mathematisches oder einfaches Pendel.

239. **Physischer Pendel.** Ein jeder Körper, welcher um eine wagrechte Axe frei beweglich lothrecht aufgehängt ist, heißt ein wirkliches, physisches oder zusammengesetztes Pendel.

240. **Ruhendes Pendel.** So lange ein Pendel (Fig. 150) nicht aus der lothrechten Lage ca gebracht wird, muß es ruhen, weil dann die Wirkung der lothrecht zielenden Kraft ax durch den Widerstand der festen Axe c vollständig aufgehoben ist.

241. **Bewegende Kraft beim Pendel.** Versetzt man (Fig. 150) ein Pendel aus seiner Ruhelage ca in eine andere ce, so wird der Punkt e, vermöge der mit ax parallelen Schwerkraft er zu fallen suchen. Die Kraft er, kann man zerlegen in en und em; en wird durch den Widerstand der festen Axe c aufgehoben, und em führt das Pendel in seine Ruhelage ca zurück.

Fig. 150.



242. **Kreisförmige Bahn des Pendels.** Da beim Gange des Pendels die Entfernung des Punktes e von a stets die nämliche bleibt, so bewegt er sich in einem Kreisbogen ea, dessen Halbmesser die Länge ca des Pendels ist.

243. **Schwingende Bewegung des Pendels.** Die Seitenkraft em (Fig. 150) wird desto kleiner, je näher das Pendel seiner Ruhelage ca kommt. In ca ist diese Kraft em = Null. Die Bewegung des Pendels ist eine beschleunigte, weil eine continuirliche Kraft auf dasselbe wirkt. Allein, weil die Kraft em nicht constant bleibt, so wird die Bewegung des Pendels eine ungleichförmig beschleunigte, bei welcher die Geschwindigkeit nicht in demselben Verhältnisse wie die Zeit wächst. Jedenfalls ist die Geschwindigkeit des Pendels in a am größten.

Im Punkte a sollte das Pendel ruhen, weil es jetzt keine Seitenkraft em gibt. Allein vermöge der Trägheit muß es seine Bewegung fortsetzen. Hiebei sucht eine stets wachsende Seitenkraft ov das Pendel in jedem Punkte seiner kreisbogenförmigen Bahn nach a zurückzuziehen. Dadurch wird die Geschwindigkeit des Pendels immer kleiner. Ist endlich durch diese Gegenwirkung die Geschwindigkeit beim Hinaufgehen im Punkte e′ vernichtet worden, so findet hier derselbe Vorgang wie bei e statt. Das Pendel fällt also wieder nach a zurück, von wo es, vermöge der Trägheit, wieder nach e geht. So müßte das Pendel diese Bewegung immer fortsetzen. Der Widerstand der Luft und die Reibung in der Axe machen jedoch, daß das Pendel allmälig zur Ruhe kommt. Die Bewegung des Pendels heißt eine schwingende oder oscillirende.

244. **Benennungen zur schwingenden Bewegung.** Die Bewegung von e bis e′ oder von e′ bis e heißt eine ganze, jene von e bis a oder von a bis e′ eine halbe Schwingung. Die Zeit, welche ein Pendel braucht, um eine Schwingung zu vollenden, wird Schwingungszeit oder Schwingungsdauer genannt.

Der Winkel eca heißt Ausschlag oder Elongation.

Die Balancir-Körper (Fig. 100, S. 62) sind eigentlich Pendel.

245. **Gesetze des Pendels.** a) Größere und kleinere Schwingungsbögen werden, wenn sie nicht größer als etwa 5° sind, immer in gleichen Zeiten zurückgelegt, d. h. Schwingungen unter einem kleinen Ausschlage sind gleichzeitig, isochronisch oder tautochronisch.

Eine Schwingung beim Ausschlage von 1 Bogen-Sekunde und eine andere beim Ausschlage von 5 Graden, d. i. von 18.000 Bogen-Sekunden werden in der nämlichen Zeit beendigt (!). Ein Weg, der 18.000mal so groß als ein anderer ist, wird demnach vom Pendel in der nämlichen Zeit zurückgelegt, wenn der Ausschlagwinkel genügend klein ist.

b) Kürzere Pendel (Fig. 151 und 152) schwingen schneller als längere. Ein Pendel, welches 4, 9, 16, 25....n^2mal kürzer als ein anderes ist, macht in einer Sekunde 2, 3, 4, 5....nmal mehr Schwingungen, als dieses zweite Pendel.

c) Ist die Schwerkraft, also auch die Beschleunigung g, an einem Orte A 4, 9, 16, 25....n^2mal größer als an dem Orte B; so gibt ein und dasselbe Pendel an dem Orte A 2, 3, 4, 5....nmal mehr Schwingungen als am Orte B.

Die Gesetze des Pendels wurden von Galilei 1602 gefunden.

Fig. 151.

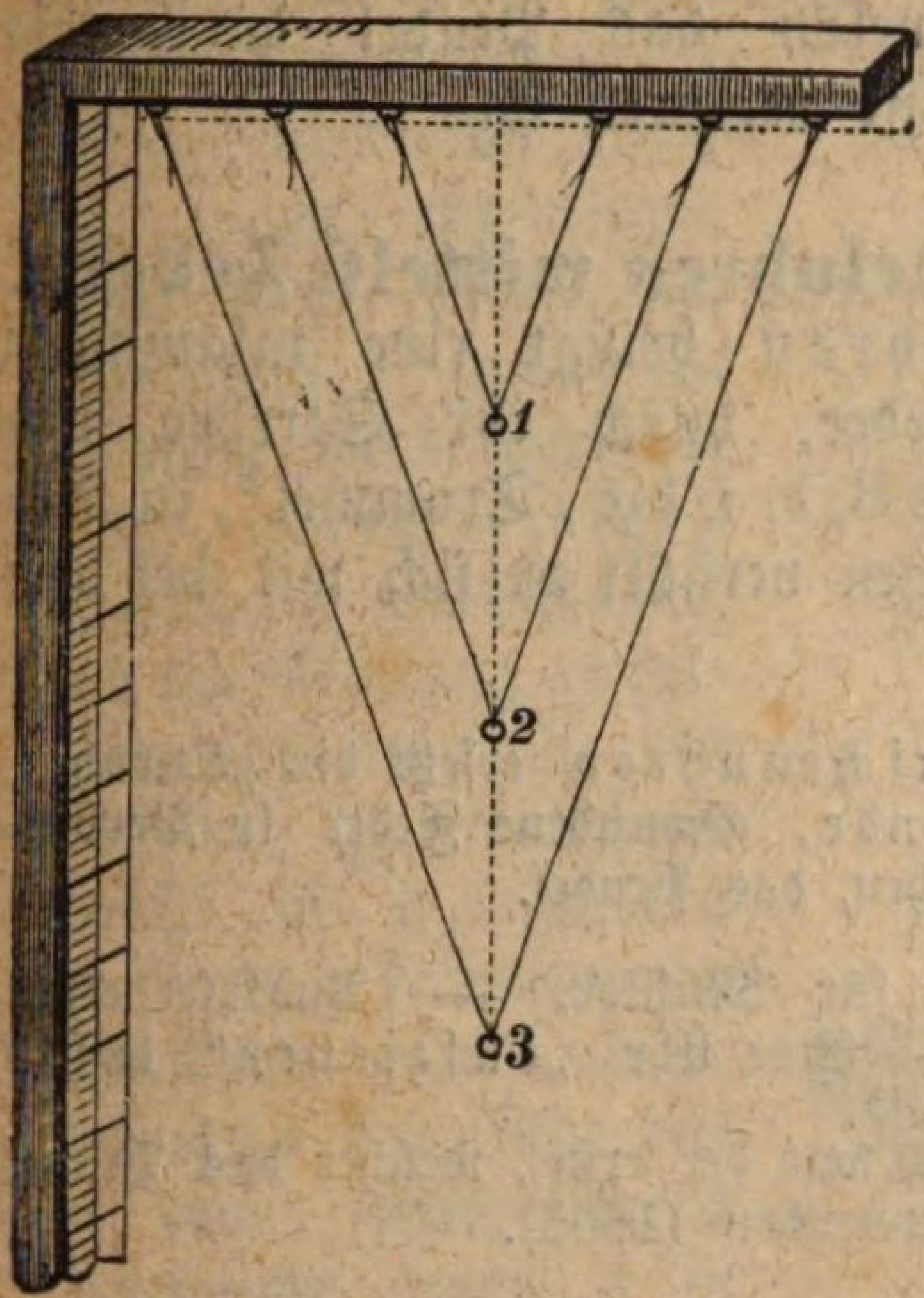
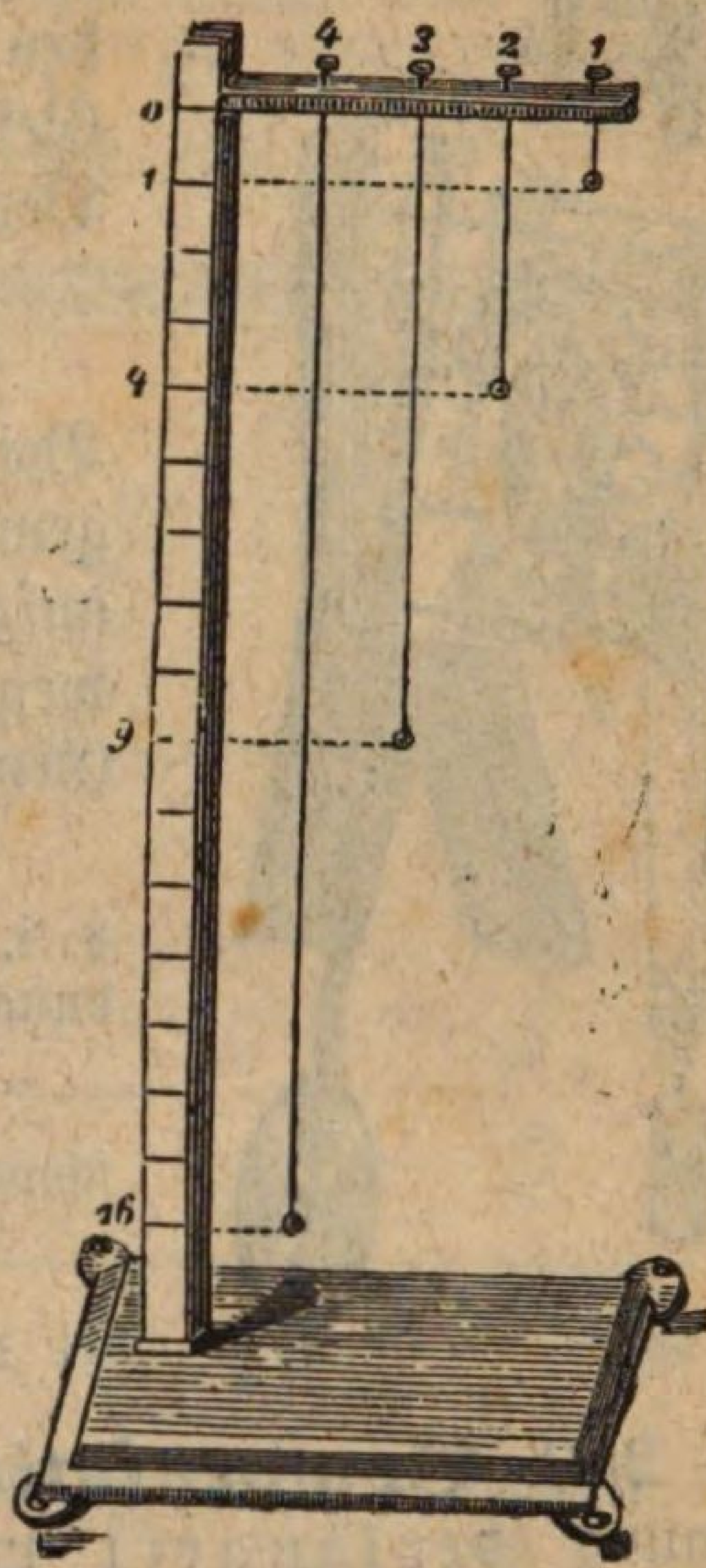


Fig. 152.



246. **Näheres über die physischen Pendel.** Für jedes beliebig geformte physische Pendel kann man ein mathematisches annehmen, welches in derselben Zeit genau so viel Schwingungen macht, wie jenes. Denkt man sich nun dieses einfache Pendel im physischen derart liegend, daß ihre Aufhängepunkte zusammenfallen; so trifft der schwere Punkt des idealen Pendels einen Ort des wirklichen Pendels, welcher der Schwingungsmittelpunkt des letzteren heißt.

Der Abstand des Schwingungsmittelpunktes von dem Aufhängepunkte des zusammengesetzten Pendels heißt die reducirte Länge des letzteren.

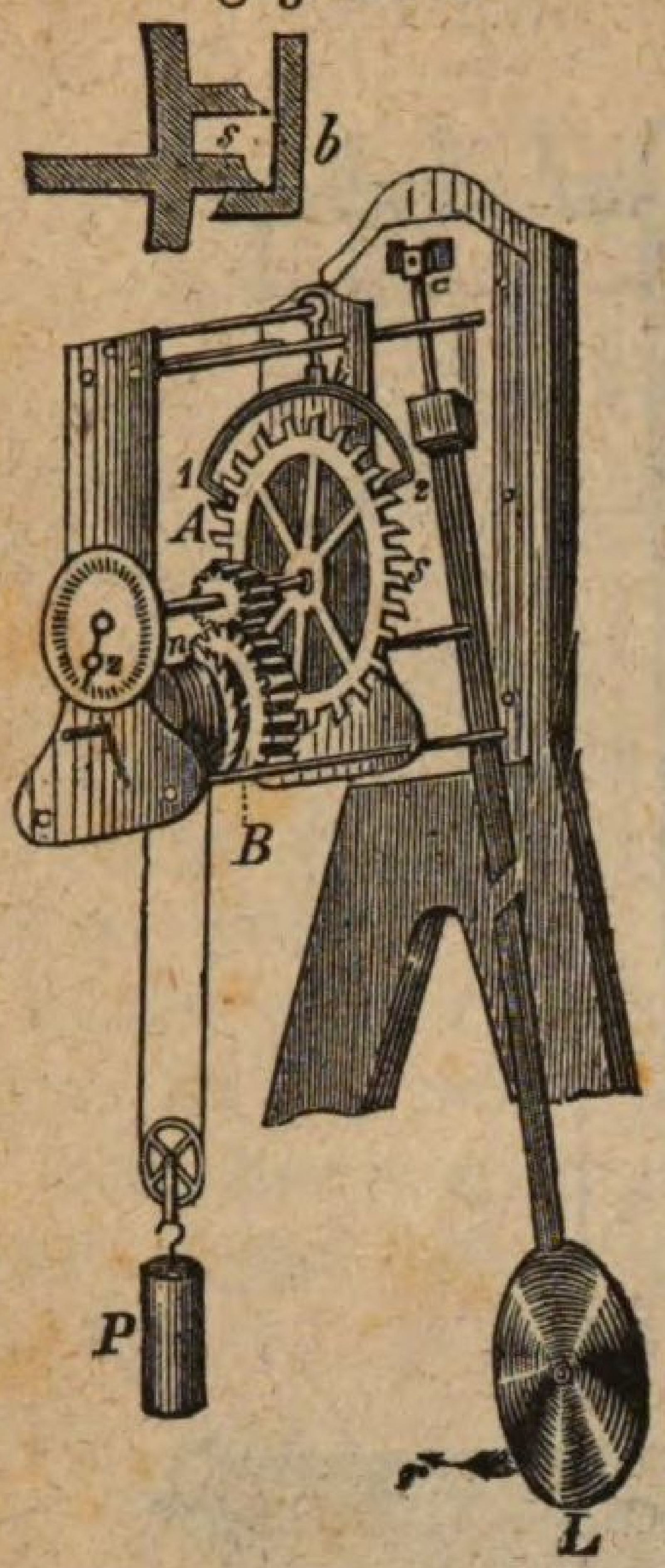
247. **Sekundenpendel.** Ein Pendel, welches in einer Sekunde eine einzige Schwingung macht, heißt Sekundenpendel. Seine reducirte Länge beträgt für Wien 0·993 Meter.

Ein an einem 0·993 Meter (3.₁₄₄ Fuß) langen Faden aufgehängtes Bleikügelchen, kann für Wien als Sekundenpendel dienen, weil ein solches einem mathematischen Pendel nahe kommt.

248. **Pendeluhren mit Gewicht.** Ein Gewicht P (Fig. 153) setzt, durch sein Bestreben zu fallen, das Rad B und, vermöge der ineinandergreifenden Zähne, auch die anderen Räder in eine ungleichförmige Bewegung.

Zur Herstellung der gleichförmigen Bewegung dient das Pendel cL, indem es in das Steigrad A mittelst der Ankerhemmung b greift. Vermöge dieser Hemmung kann das Rad A, bei je zwei Schwin-

Fig. 153.



gungen des Pendels, nur um einen Zahn fortrücken. Dabei wirkt der Stoß der Zähne auf den Haken der Hemmung und ersetzt dadurch jene Geschwindigkeit, welche das Pendel durch die Bewegungshindernisse verloren hat.

249. **Pendeluhren mittelst Federn.** Bei den Federuhren bringt eine zusammengewundene Stahlfeder, durch ihr Streben sich aufzudrehen, ein Rad B, d. i. die „Trommel“, in Bewegung. Im Uebrigen verhält es sich wie bei den Gewichtsuhren.

1. Bei den Taschenuhren ersetzt die „Unruhe“, d. i. eine schwingende, gewundene Feder in Verbindung mit einem Rädchen, das Pendel.

2. Metronome für Musiker. — Analyse einer schwarzwälder Uhr. — Eine Uhr „aufziehen“ heißt?

3. Huyghens war der erste, welcher das Pendel bei den Räderuhren anwendete (1655).

250. **Compensationspendel.** Ein Pendel wird durch Erwärmung verlängert und schwingt langsamer, bei abnehmender Wärme wird es kürzer und schwingt schneller. Dieser nachtheilige Einfluß der Wärme muß mittelst Compensation beseitigt werden. Die dunklen Stäbe des „Rostpendels“ (Fig. 154) sind aus Eisen, die hellen aus Messing. Wird die Umgebung des Pendels, also auch das Pendel wärmer, so dehnen sich die Eisenstäbe abwärts, die Messingstäbe aber nur aufwärts aus. Die Messingstäbe können sich nämlich nicht nach unten verlängern, weil sie auf die Querstäbe stoßen. Da nun entgegengesetzte Kräfte auf das Pendel wirken, so ist es, bei einem gewissen Längenverhältnisse der verschiedenen Stäbe, möglich, daß der Schwingungsmittelpunkt unverrückt bleibt.

Fig. 154.



Das Rostpendel erfand Harrison 1726.

251. **Pendelstangen aus Tannen- oder Fichtenholz,** welche man in siedendes Oel legt und dann firnißt oder vergoldet, ändern ihre Länge bei gewöhnlichem Wärmewechsel wenig; man verwendet sie daher an guten Uhren.

F. Der Wurf und die Centralbewegung.

252. **Der lothrecht ab- und aufwärts gerichtete Wurf.** Wird ein Körper lothrecht ab- oder aufwärts geworfen, so wirken im ersten Falle die Wurf- und Schwerkraft nach derselben Richtung, im zweiten Falle aber im entgegengesetzten Sinne. Im ersten Falle

werden daher die Wirkungen dieser Kräfte addirt, für den zweiten Fall aber subtrahirt. — Beispiele.

253. **Horizontaler Wurf.** Wenn ein Körper von a (Fig. 155) nach x wagrecht geworfen wird, so sollte er in dem 1ten, 2ten und 3ten Zeittheilchen die Wege ab = bc = cd u. s. w. zurücklegen (§. 165). Allein der wagrecht geworfene Körper wird, vermöge der gleichzeitigen Wirkung der Schwere, in der Richtung ay fallen und am Ende des 1ten Zeittheilchens nicht in b, sondern lothrecht darunter im Abstande bm = ae sein; eben so am Ende des 2ten Zeittheilchens lothrecht unter c in dem Abstande cn = af = 4ae, am Ende des 3ten Zeittheilchens unter d in dem Abstande do = ag = 9ae u. s. w. Er beschreibt also die krumme Bahn oder die Parabel amnop.

Fig. 155.

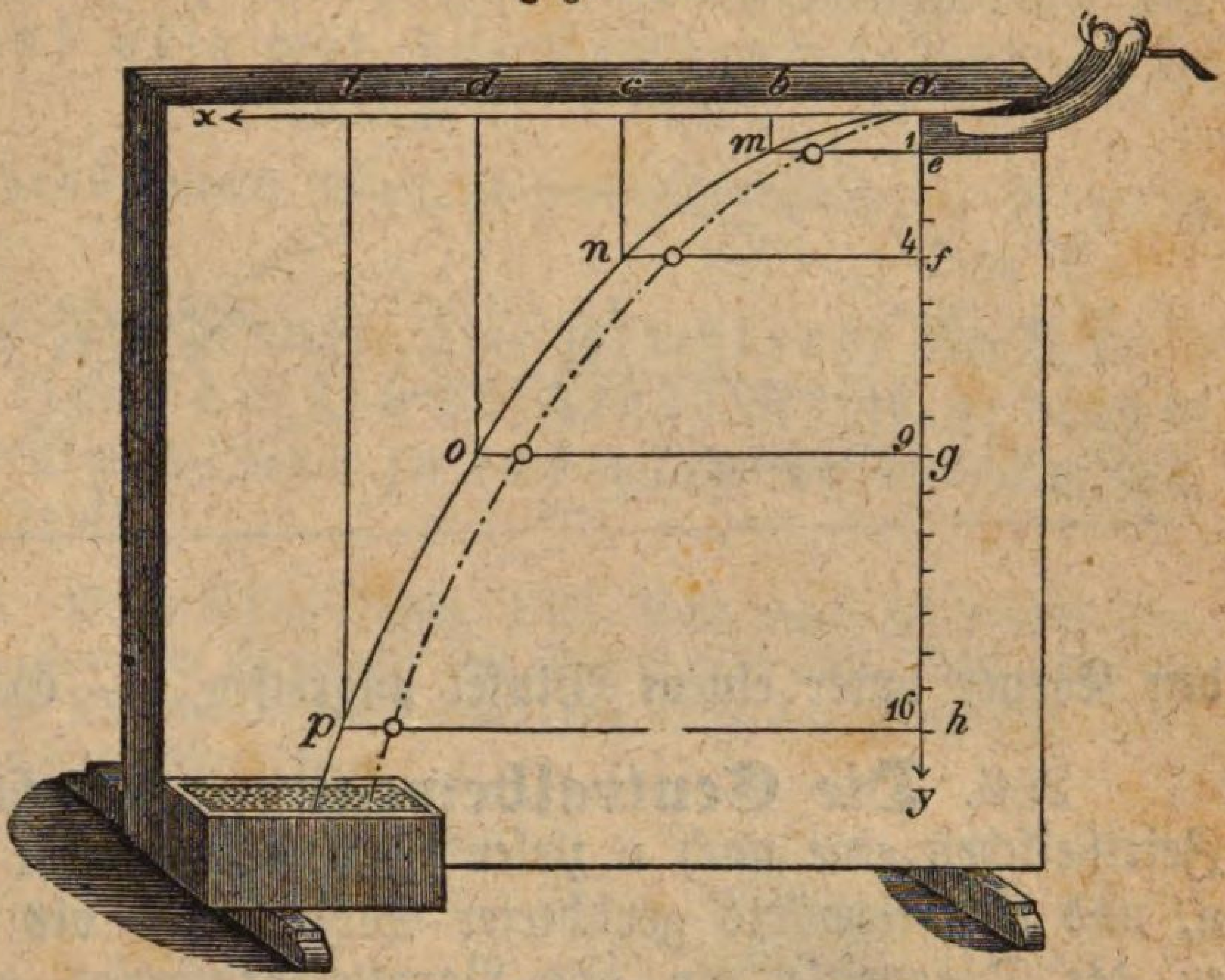
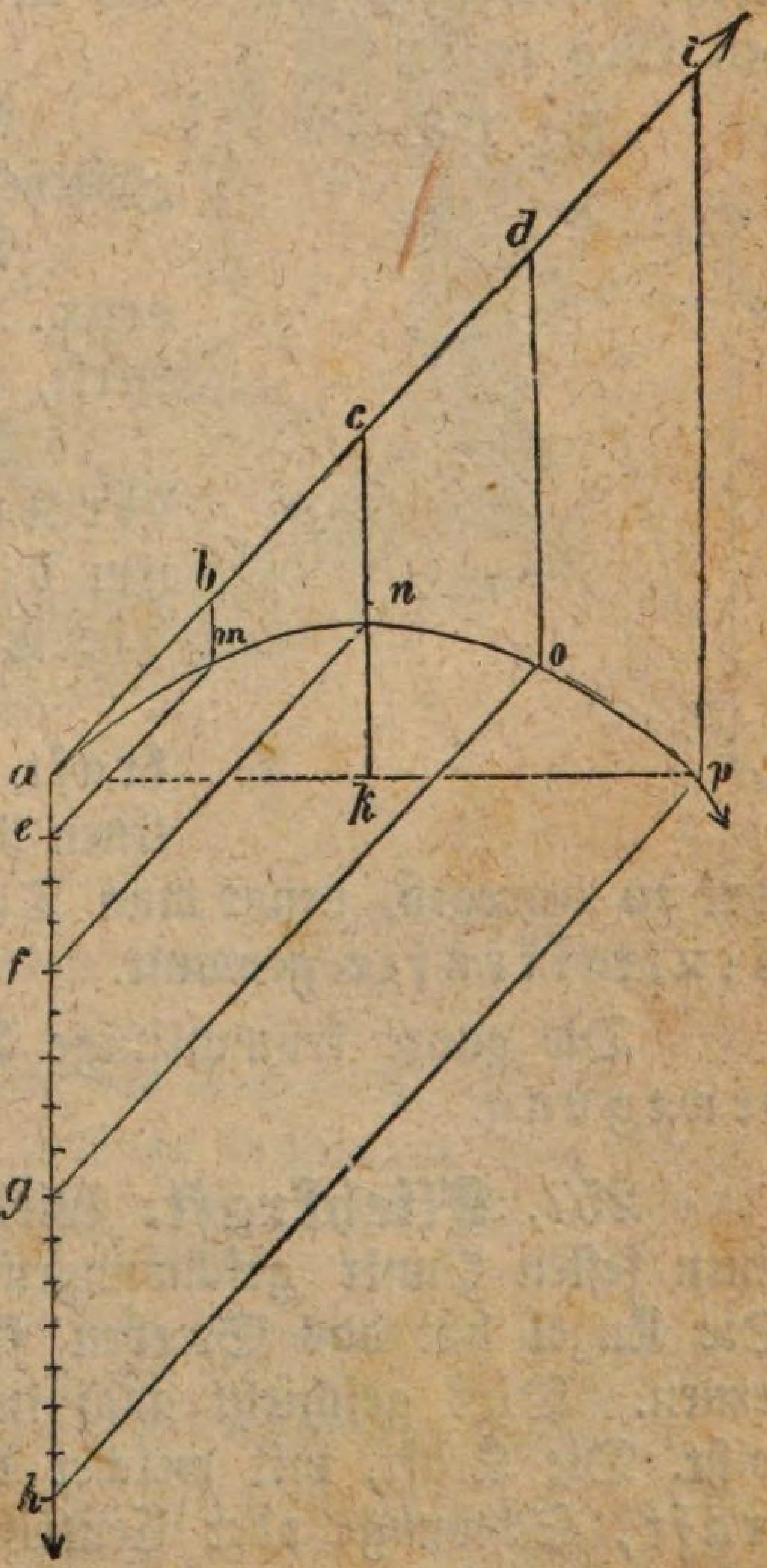


Fig. 156.



254. **Schiefer Wurf.** Wenn ein Körper (Fig. 156) schief geworfen wird, so sieht man, nach dem Vorigen, daß der Weg des Geworfenen nicht ai, sondern amnop sein wird. Diese krumme Linie ist eine Parabel. Bei derselben ist der absteigende Zweig np gleich dem aufsteigenden an.

Die Wagrechte ap heißt Wurfweite, die Lothrechte nk die Wurfhöhe und der Winkel iap der Erhebungs- oder Elevationswinkel.

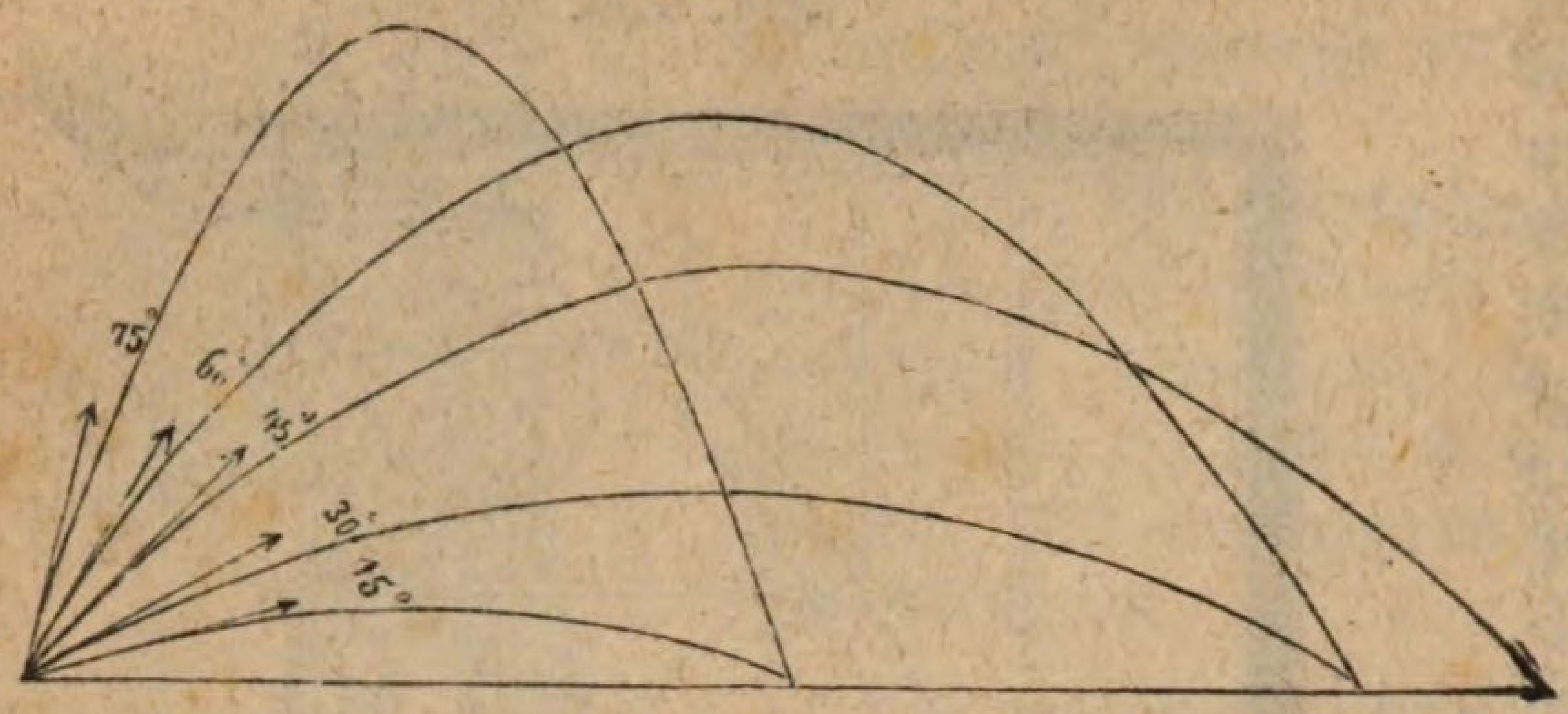
a) Die Größe der Wurfweite hängt sowol von der Stärke der Wurfkraft, als auch von der Größe des Elevationswinkels ab. Beim Erhebungswinkel von 45 Graden ist sie am bedeutendsten.

b) Elevationswinkel, die sich zu 90 Graden ergänzen — z. B. 75° und 15° — haben (Fig. 157) die nämliche Wurfweite, aber ungleiche Wurfhöhen. Dem größeren Winkel entspricht die größere Höhe.

c) Die Wurfhöhe ist bei dem Erhebungswinkel von 90° am mächtigsten.

Der Luftwiderstand ändert das Wurfgesetz etwas ab.

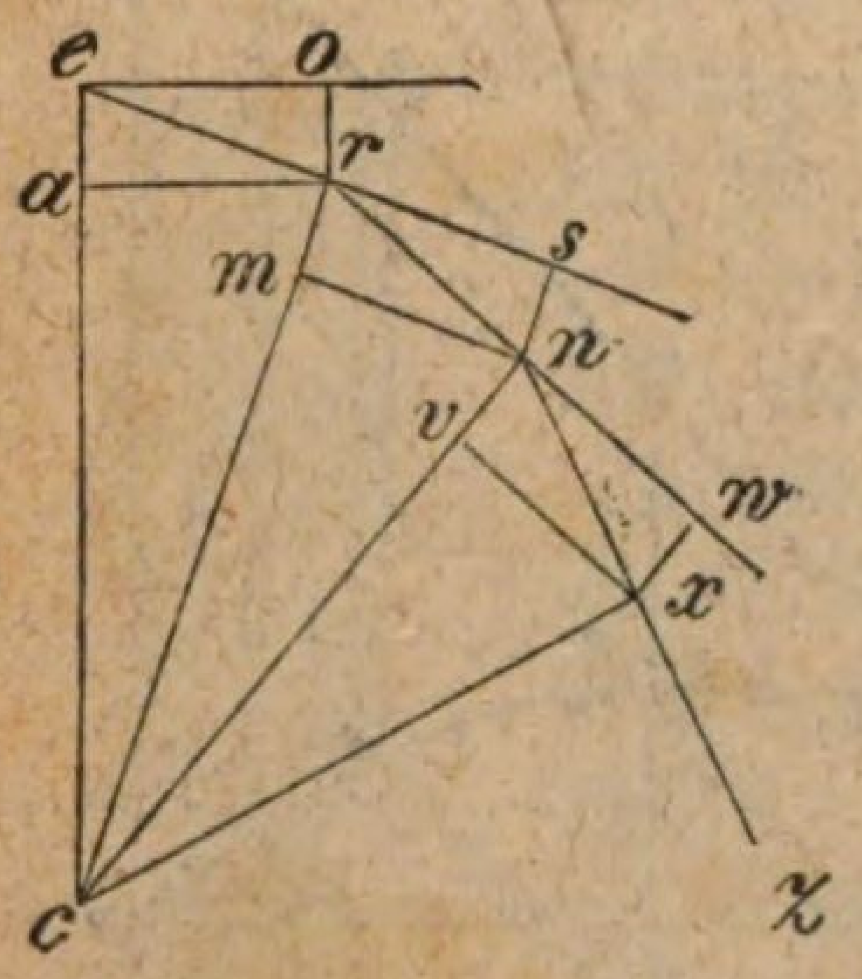
Fig. 157.



255. **Momentane und constante Kräfte zusammenwirkend.** Das Vorstehende zeigt, daß je eine momentane und eine continuirliche Kraft zusammen eine *krummlinige* Bewegung erzeugen, wenn sie den Körper unter einem Winkel angreifen. — *Galilei* 1602.

256. **Die Centralbewegung.** Sucht (Fig. 158) im ersten Zeittheilchen eine nach c zielende Anziehungskraft einen Körper von e bis a, und ein seitwärts gerichteter Stoß von e bis o, zu bringen; so wird er die Diagonale e r des Parallelogrammes a e o r beschreiben. Im nächsten Zeittheilchen würde der Körper, vermöge des Gesetzes der Trägheit, den Weg r s = e r zurücklegen, wenn ihn nicht die nach c ziehende Kraft gleichzeitig von r bis m zu bewegen strebte. Er durchläuft daher den Weg rn.

Fig. 158.



Auf dieselbe Weise beschreibt er im dritten Zeittheilchen den Weg nx u. s. w.

Der ganze Weg ist eine *gebrochene* Linie ernx... Da die nach c ziehende Kraft stetig wirkt, so ist der Weg des Körpers *krummlinig*.

Auf einem solchen Zusammenwirken der Kräfte beruht die Bewegung der Erde um die Sonne und jene des Mondes um die Erde.

Die anziehende Kraft heißt *Centripetalkraft*. Das Bestreben des Körpers, in der erhaltenen Richtung, d. i. tangentiell zur Bahn sich fort zu bewegen, nennt man *Tangentialkraft*. Beide zusammen werden *Centralkräfte* genannt.

Die ganze krummlinige Bewegung bezeichnet man mit *Centralbewegung*.

257. **Fliehkraft.** Wird eine Bleikugel mittelst einer Schnur um einen festen Punkt geschwungen, so erleidet die Schnur eine Spannung. Die Kugel hat das Streben sich vom Mittelpunkte des Kreises zu entfernen. Dies geschieht auch in tangentieller Richtung, wenn die Schnur reißt. Die Kraft, mit welcher die Schnur gespannt wird, heißt *Fliehkraft*, Schwung- oder Centrifugalkraft.

Bei dieser Kreisbewegung bewirkt der Widerstand der Schnur dasselbe, wie im Vorigen die Centripetalkraft. Die Fliehkraft ist daher der Centripetalkraft gleich und entgegengesetzt.

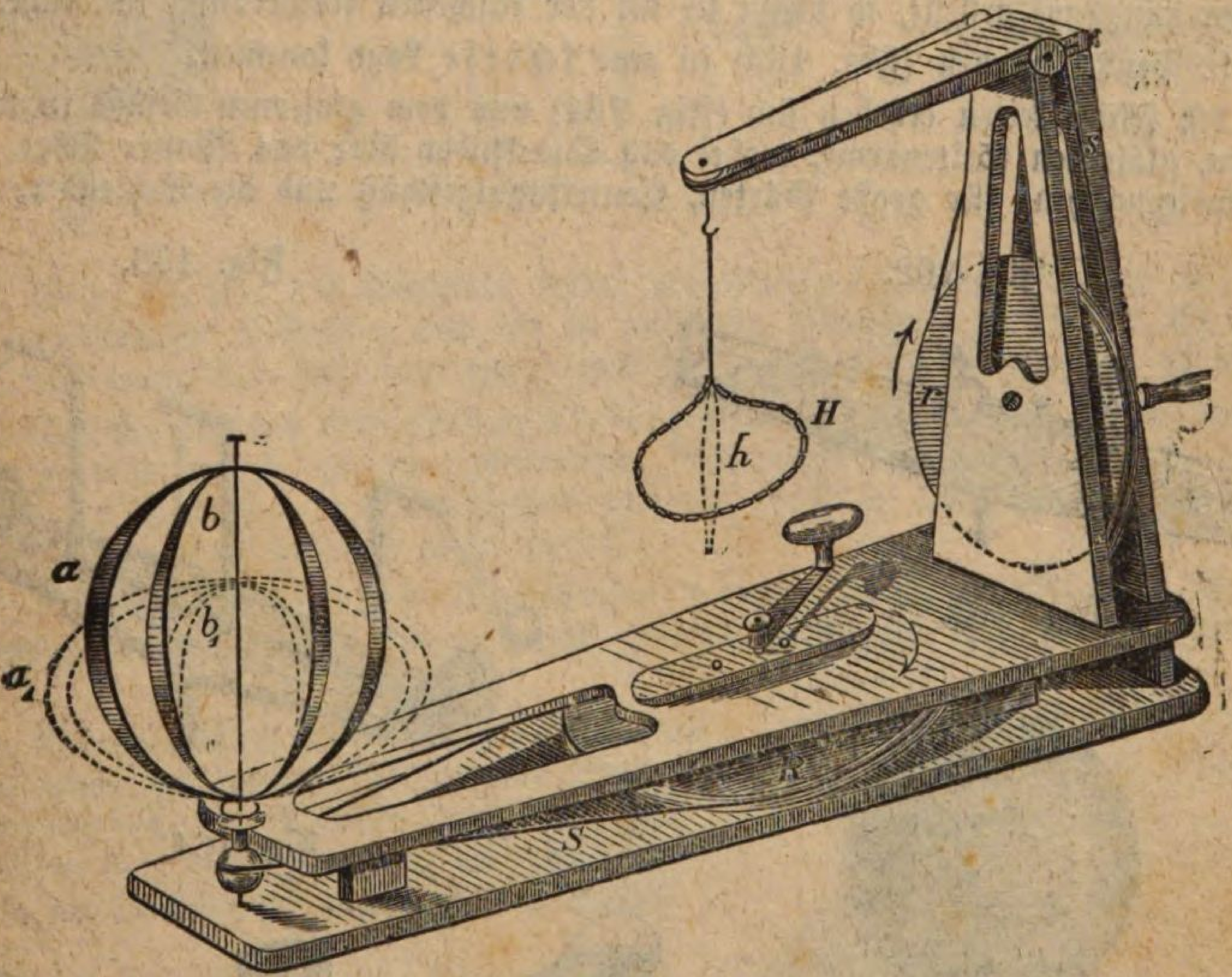
Bei jeder Centralbewegung ist die Fliehkraft eine Componente der Tangentialkraft; sie darf also mit der Tangentialkraft nicht verwechselt werden.

Fliehkraft von Huyghens entdeckt 1658. — Centralbewegung von Newton 1682.

258. **Maaß der Fliehkraft.** Die Fliehkraft wird desto mächtiger, je gewichtiger die sich drehende Masse, je länger der Halbmesser der Bahn, und je bedeutender die Umdrehungsgeschwindigkeit ist.

Schwungmaschine. Mittelst dieser (Fig. 159) kann man, bei rascher Umdrehung des Rades R, zeigen, wie die Fliehkraft die Schwerkraft (Fig. 159 bei H, Fig. 160 und 163 bis 170), die elastische Kraft (Fig. 159 bei ab und Fig. 161), die Reibung und die Trägheit überwindet.

Fig. 159.



Im Nachfolgenden sind stets schnelle Umdrehungen vorausgesetzt.

1. Die Fliehkraft der Kugel k (Fig. 160) hebt das Gewicht S.

2. Die Kugel k (Fig. 160) werde in die zweifache Entfernung vom Mittelpunkte gestellt und derselben die vorige Geschwindigkeit ertheilt. Sie hebt jetzt ein zweimal so großes Gewicht als beim ersten Versuche.

3. Wird die Anzahl der Umläufe in derselben Zeit verdoppelt, so hebt die Kugel k (Fig. 160), bei der anfänglichen Entfernung, ein viermal so großes Gewicht als früher oder sie zieht elastische Federn (Fig. 161) viermal stärker auf.

4. Werden (Fig. 162) zwei durch einen Faden verbundene Kugeln so gestellt, daß sich ihre Entfernungen von der Drehaxe wie 1 und 2, während ihre Massen sich wie 2 und 1 verhalten; so bleiben die Kugeln bei der schnellsten Drehung in Ruhe.

5. Stehen gleiche Kugeln gleichweit von der Umdrehungsaxe; so bleiben sie, selbst bei der schnellsten Umdrehung, unverrückt; warum? Was wird geschehen, wenn der Faden reißt?

Fig. 160.

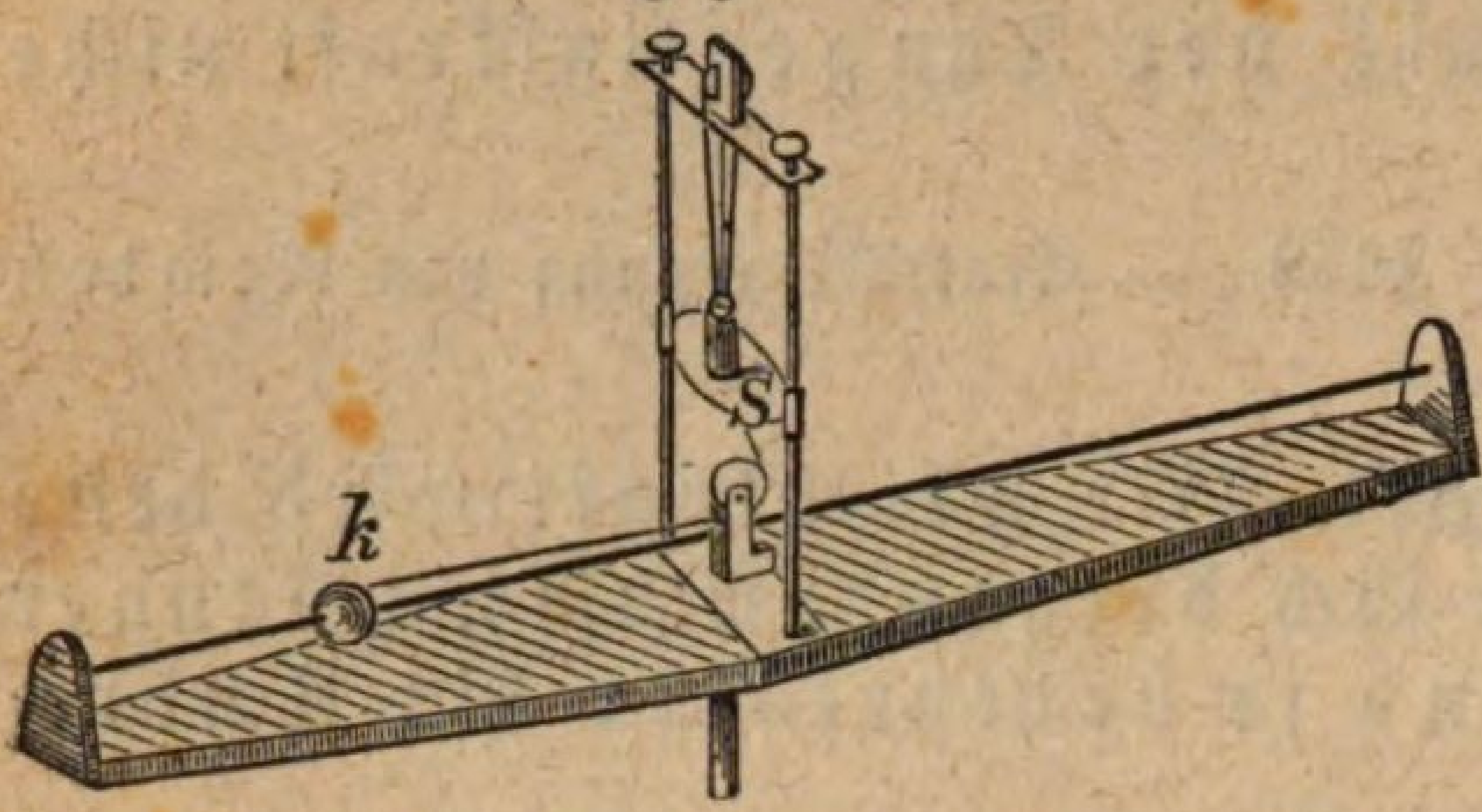
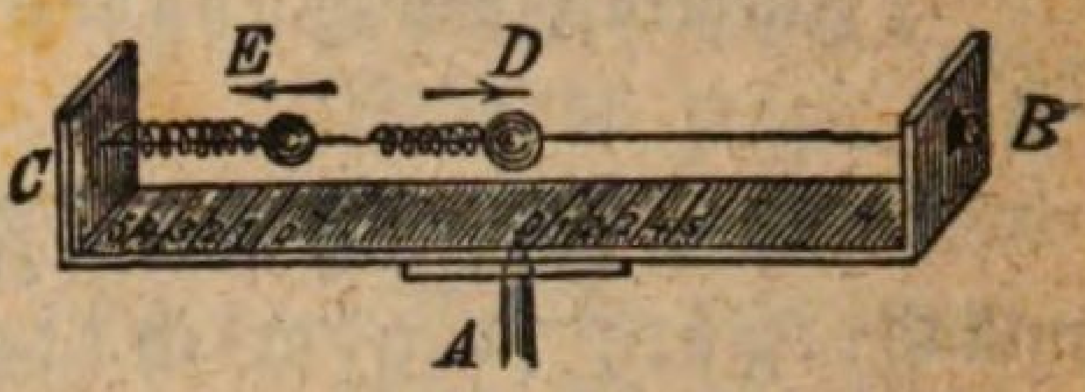


Fig. 161.



6. Bei gleicher Entfernung vom gemeinschaftlichen Umdrehungspunkte wird die größere Masse die kleinere mitreißen.

7. Von zwei gleichen Kugeln wird die von der Drehaxe weiter abstehende die andere mitziehen.

8. Wird eine einzelne Kugel mit ihrem Schwerpunkte (Fig. 162) über die Umdrehungsaxe gestellt, so bleibt sie bei der raschesten Umdrehung in Ruhe.

9. Pendel werden (Fig. 163) in eine schiefe Lage kommen.

10. Flüssigkeiten erheben sich (Fig. 164) aus dem gläsernen Gefäße in die höher liegenden, gläsernen Seitenarme, wobei das Quecksilber über das Wasser steigt. Centrifugalbespritzmaschine für große Gärten, Centrifugalgeschütz und die Schleuder.

Fig. 162.

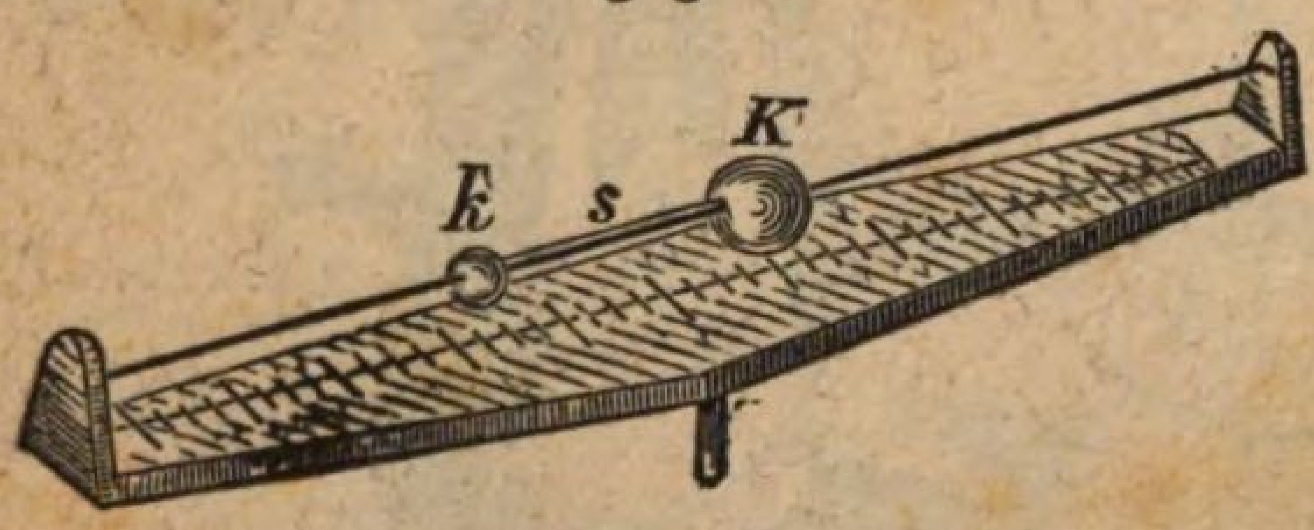


Fig. 163.

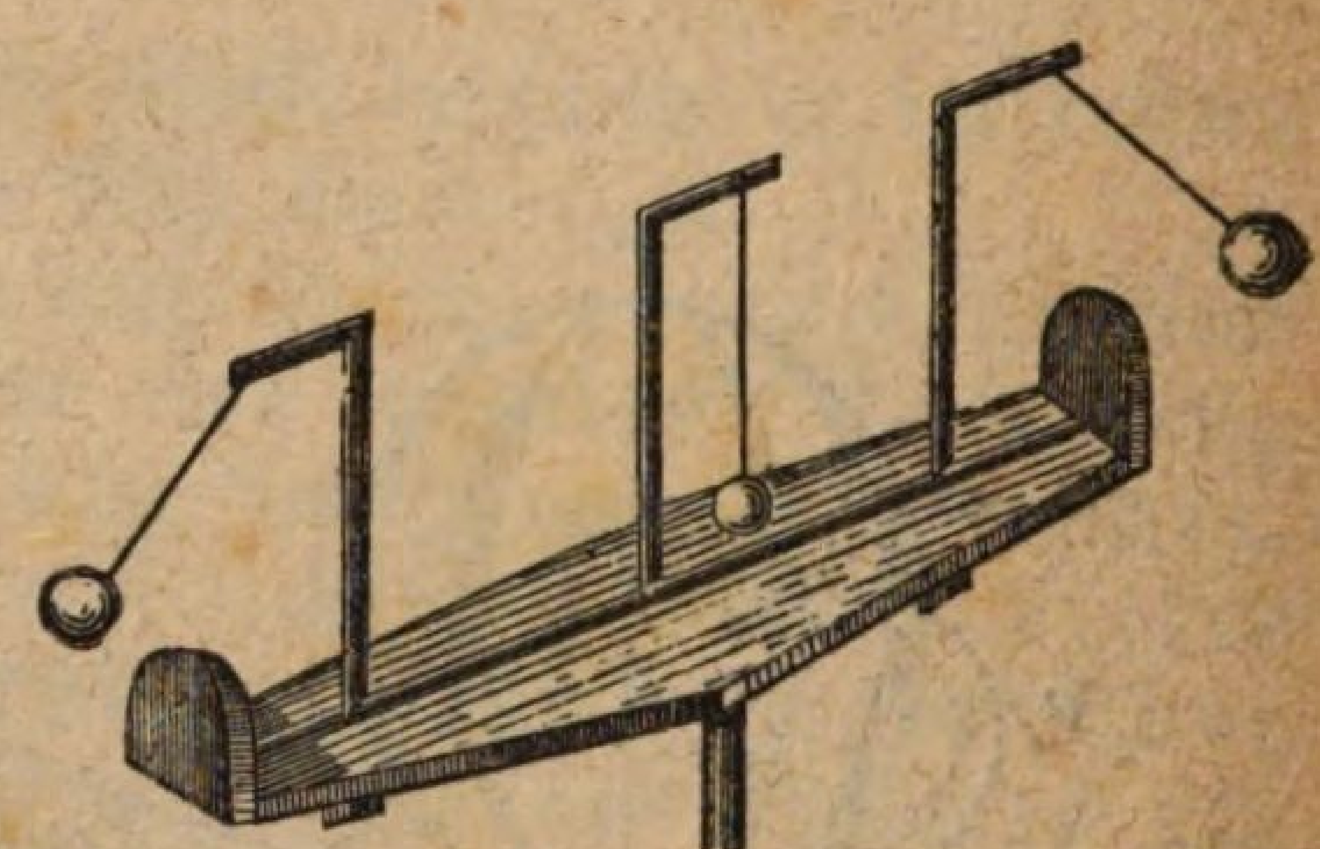
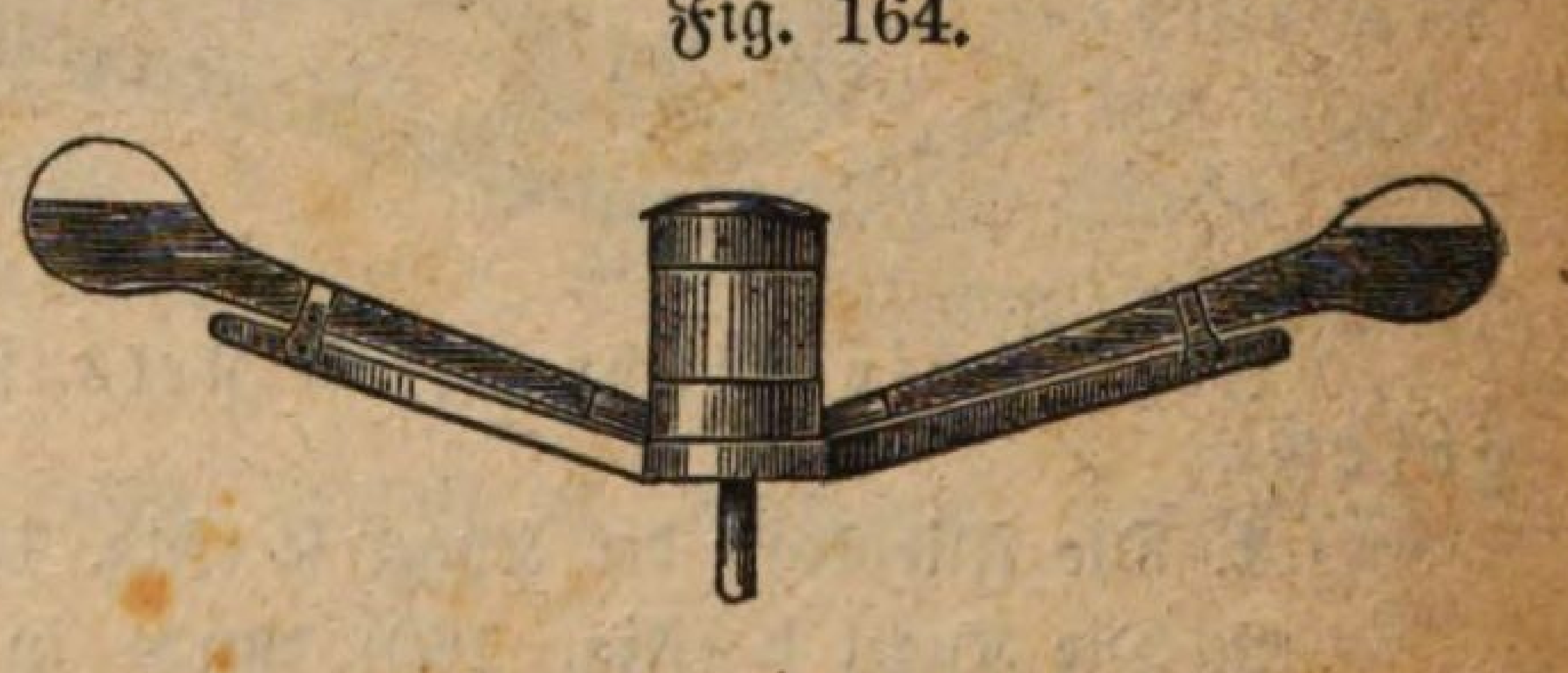


Fig. 165.



Fig. 164.



11. In einer verschlossenen Glaskugel (Fig. 165), welche Flüssigkeiten von verschiedener Dichte — z. B. Quecksilber, gefärbtes Wasser und rothes Steinöl oder sonst eine farbige Naphta — bis zur Hälfte enthält, bilden sich schöne concentrische Gürtel. Das Quecksilber befindet sich in der Mitte oder im Aequator, zu beiden Seiten das Wasser, hierauf oben und unten das Oel. Das Quecksilber steigt in einer Schraubenlinie auf.

12. Wird (Fig. 166) ein mit Wasser halb gefülltes Trinkglas auf der Centrifugalmaschine in rasche Umdrehung versetzt, so erhebt sich das Wasser in einer eigenthümlich hohlen Form und spritzt, wenn die Umdrehung rascher wird, über den Rand.

13. Ein federndes Kugelgerippe (Fig. 159) plattet sich bei schneller Drehung ab. Auch die Erde ist eine abgeplattete Kugel und da sie rasch rotirt, so schließt man, daß sie nicht immer starr gewesen ist.

Beispiele. 1. Von einem sehr schnell geschwungenen Hammer trennt sich der Kopf.

2. Schwungräder, Mühlsteine u. dgl. m. zerreißen bei zu rascher Umdrehung.

3. Ein auf der inneren Seite eines Reifen stehendes, mit Wasser gefülltes Glas fällt nicht, wenn man ersteren herumschwingt; auch wird dabei kein Wasser verschüttet; warum nicht?

4. Während der schnellen Umdrehung der Töpferscheibe breitet sich die Thonmasse zu einem runden Gefäße aus.

Fig. 166.

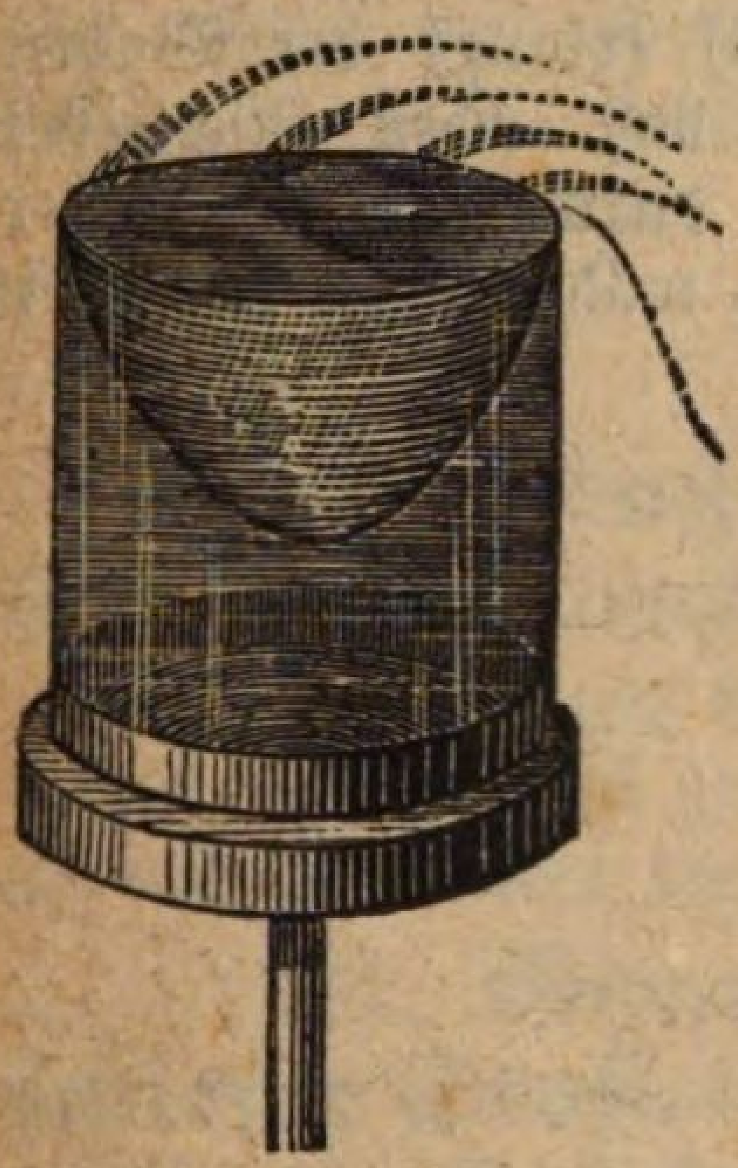


Fig. 167.

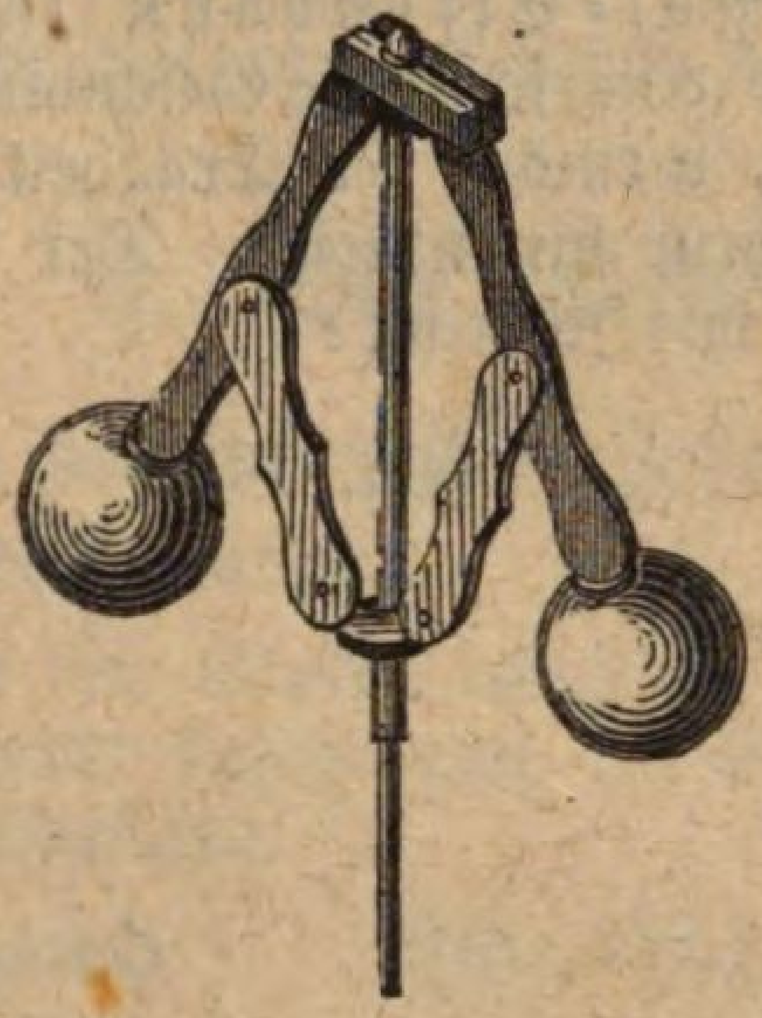


Fig. 168.



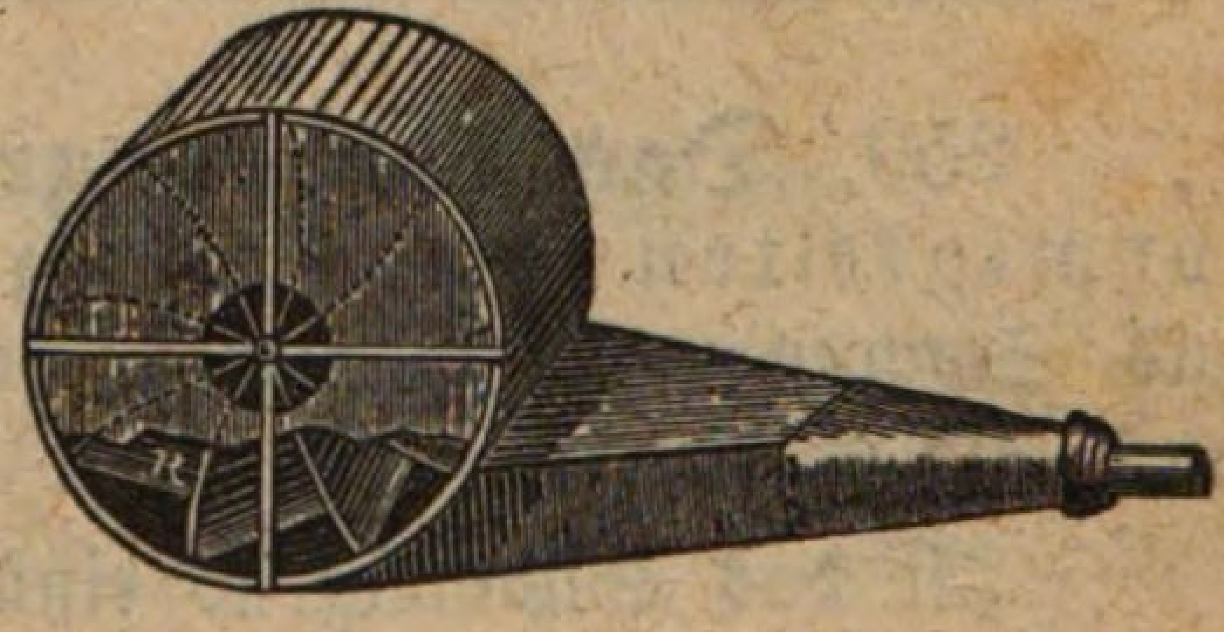
5. Beim Mahlen des Getreides fallen die Körner nach einer in der Mitte des Laufers angebrachten Oeffnung, von wo sie durch die Fliehkraft zwischen die Steine gelangen, um dann, fein zerrieben, tangentiell in den Mehlbeutel geworfen zu werden.

6. Die Kugeln des Centrifugal-Regulators (Fig. 167) gehen, wenn sie rascher umgedreht werden, weiter auseinander. Sie regeln daher an Dampfmaschinen den Zufluß des Dampfes in den Cylinder dadurch, daß sie bei schneller Umdrehung, ein Ventil in der Zufluß-Röhre mehr schließen.

7. Bei dem Wasserhebe-Apparate von Heß (Fig. 168) steigt, vermöge der Fliehkraft, das Wasser in die aufwärts gerichteten Röhren und kommt oben zum Abfluße.

8. Bei dem Centrifugal-Gebläse (Fig. 169) wird, durch rasche Umdrehung der etwas gekrümmten Flügel, die Luft, vermöge der Fliehkraft, bei der Düse hinausgetrieben. Dieselbe wird sogleich durch andere Luft ersetzt, welche bei einer in der Mitte der Seitenwand befindlichen Oeffnung einströmt.

Fig. 169.



Die Centrifugal-Wasserpumpen fußen auf demselben Principe.

9. Bei den Ventilatoren geht durch die mittlere Oeffnung der Wand ein luftdichter Schlauch zur verdorbenen Luft, welche, durch rasche Umläufe des Flügelrades, aus Schachten 2c. heraufgeschafft wird.

Die Düse fehlt, und die Luft entweicht auf der dem Schlauch entgegengesetzten, offenen Seite. — Centrifugal-Handsäemaschinen.

10. Bei den Centrifugal-Trockenmaschinen werden, durch sehr rasche Umdrehung, die zu trocknenden Zeuge an den durchbrochenen Wänden ausgepreßt.

Da nahe der Axe Oeffnungen sind, so zieht hier die Luft rasch durch und beschleunigt die Verdunstung des Wassers am nassen Zeuge.

11. Mittelst der Centrifugal-Trommel scheidet man den Syrup vom starren Zucker.

12. Beim Centrifugal-Guß legen sich geschmolzene Massen innigst an die rasch rotirenden Formwände.

Fragen. 1. In welcher Richtung und warum fliegen die auf ein sich schnell drehendes Scheibenkreisel geworfenen Sandkörner davon? — „Kothwehren"?

2. Ein offener Korb mit Eiern kann rasch im Kreise geschwungen werden, ohne daß ein Ei herausfällt — wie kommt das?

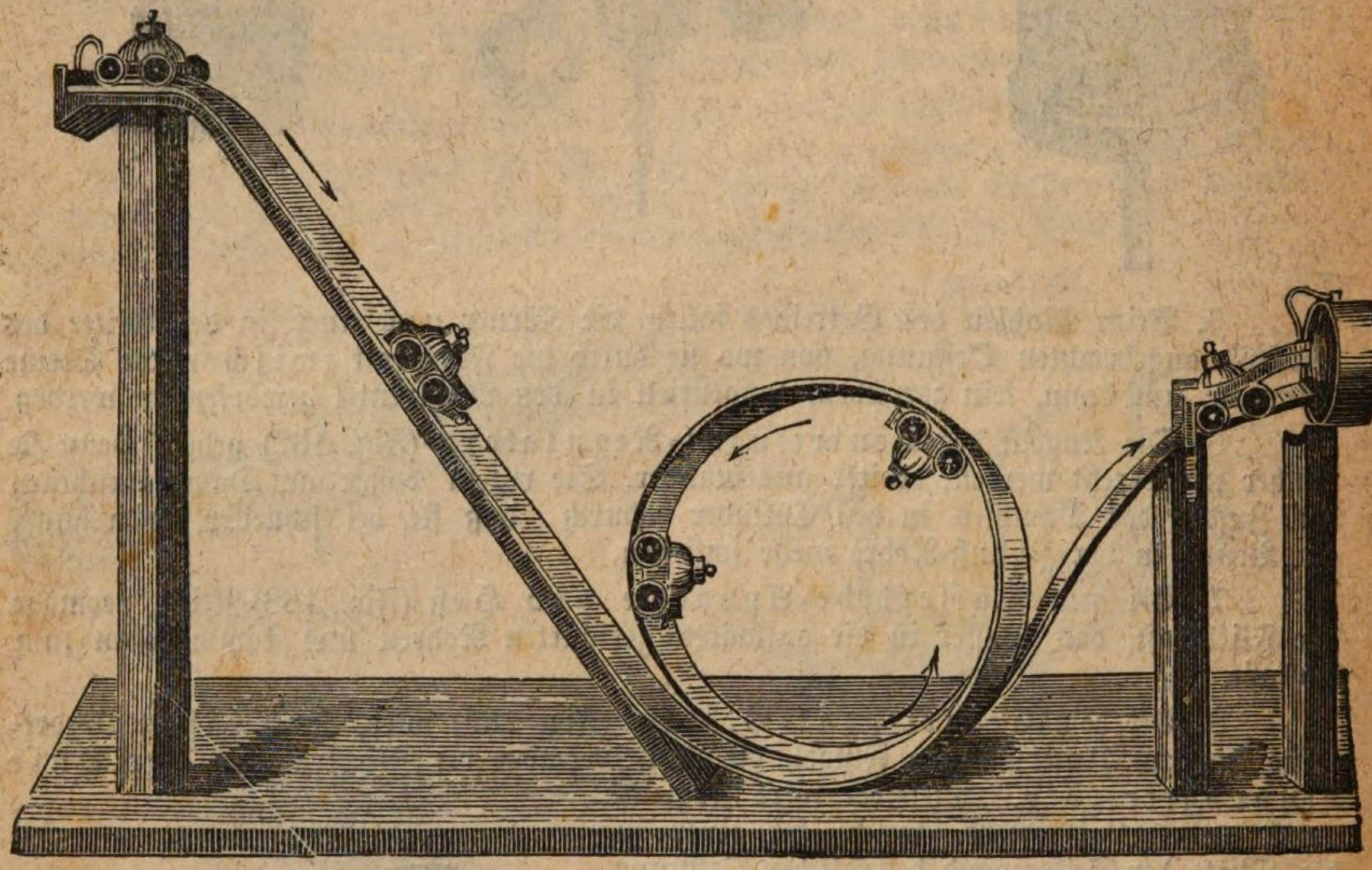
3. Kunstreiter bleiben an der dem Bahn-Mittelpunkte zugekehrten Seite des schnell herumlaufenden Pferdes, ohne jeden Stützpunkt, hängen („Schenkelritt"); wie so?

4. Welche Spielereien beruhen auf Entwicklung der Fliehkraft?

5. Ein Kettenreif h (Fig. 159) nimmt, bei rascher Umdrehung mittelst des Rades r, die Form bei H an; wie kommt dieß?

6. Bei der Centrifugal-Eisenbahn (Fig. 170) erlangt der Wagen am Fuße der steilen schiefen Ebene eine so große Geschwindigkeit, daß er den anschließenden, verhältnißmäßig kleinen Kreis, vermöge der Trägheit, ganz durchläuft und über die zweite, minder hohe, schiefe Ebene hinaufsteigt. Der Wagen, während er den Kreis beschreibt, fällt nicht herab; wie so nicht?

Fig. 170.



259. **Das Schwungrad.** Zum Ausgleichen der Ungleichförmigkeiten der Bewegung einer zusammengesetzten Maschine dient das Schwungrad, ein gewichtiges eisernes Rad, welches am Umfange, d. i. am Schwungring, die meiste Masse hat.

Ist das Schwungrad einmal in raschem Umlauf und wird die bewegende Kraft der Maschine zu groß, so wird dieser Ueberschuß zwar zur schnelleren Umdrehung des Rades beitragen, aber diese Beschleunigung wird, wegen der großen Trägheit des Schwungrades, so gering ausfallen, daß die Maschine nahezu ihre alte Geschwindigkeit behält.

Wachsen die von der Maschine zu überwindenden Widerstände oder wird die bewegende Kraft der Maschine kleiner, so gibt das Schwung-

rad einen Theil seiner Bewegung an die übrigen Maschinentheile ab und erhält wieder nahezu die Gleichförmigkeit im Gange der Maschine.

Das Schwungrad ist nicht etwa ein Krafterzeuger, sondern es wird nur bei vielen Maschinen als Kraftspeicher nothwendig.

Das Schwungrad setzt man, an einer schnellrotirenden Welle, so nahe als möglich der zu regulirenden Kraft. Sein Maß und sein Gewicht müssen stets im richtigen Verhältnisse zu der bewegenden Kraft stehen.

1. Aus der Masse eines kleinen Schwungrades kann man ein wirksameres formen, wenn man seinen Durchmesser vergrößert; wie so?

2. Eine Mühle mit schwerem Wasserrad, eine Locomotive und überhaupt Maschinen mit gewichtigen Bestandtheilen erhalten kein Schwungrad (warum nicht?), ebensowenig solche Maschinen, welche öfter angehalten werden sollen (warum nicht?) und endlich auch solche nicht, bei welchen nur unbedeutende Ungleichförmigkeiten da sind, oder wo die Ungleichförmigkeit ohne Schaden bleibt.

G. Der Stoß.

260. **Stoß** heißt das plötzliche Zusammentreffen eines bewegten Körpers mit einem anderen Körper.

Die Versuche bezüglich des Stoßes erstrecken sich in der Regel nur auf Kugelpendel, welche man gegeneinander fallen läßt. Hiebei ist die Reibung möglichst vermieden, nicht aber der Luftwiderstand.

261. **Gerader und schiefer Stoß.** Gehen (Fig. 171) die Richtungen der Bewegungen zweier zusammenstoßender Kugeln durch die Mittelpunkte beider, so heißt der Stoß gerade; sonst schief (Fig. 172).

262. **Centraler und excentrischer Stoß.** Trifft (Fig. 172) die Richtung des Stoßes den Schwerpunkt beider Kugeln, so ist der Stoß central, im entgegengesetzten Falle excentrisch (Fig. 172).

Fig. 171.

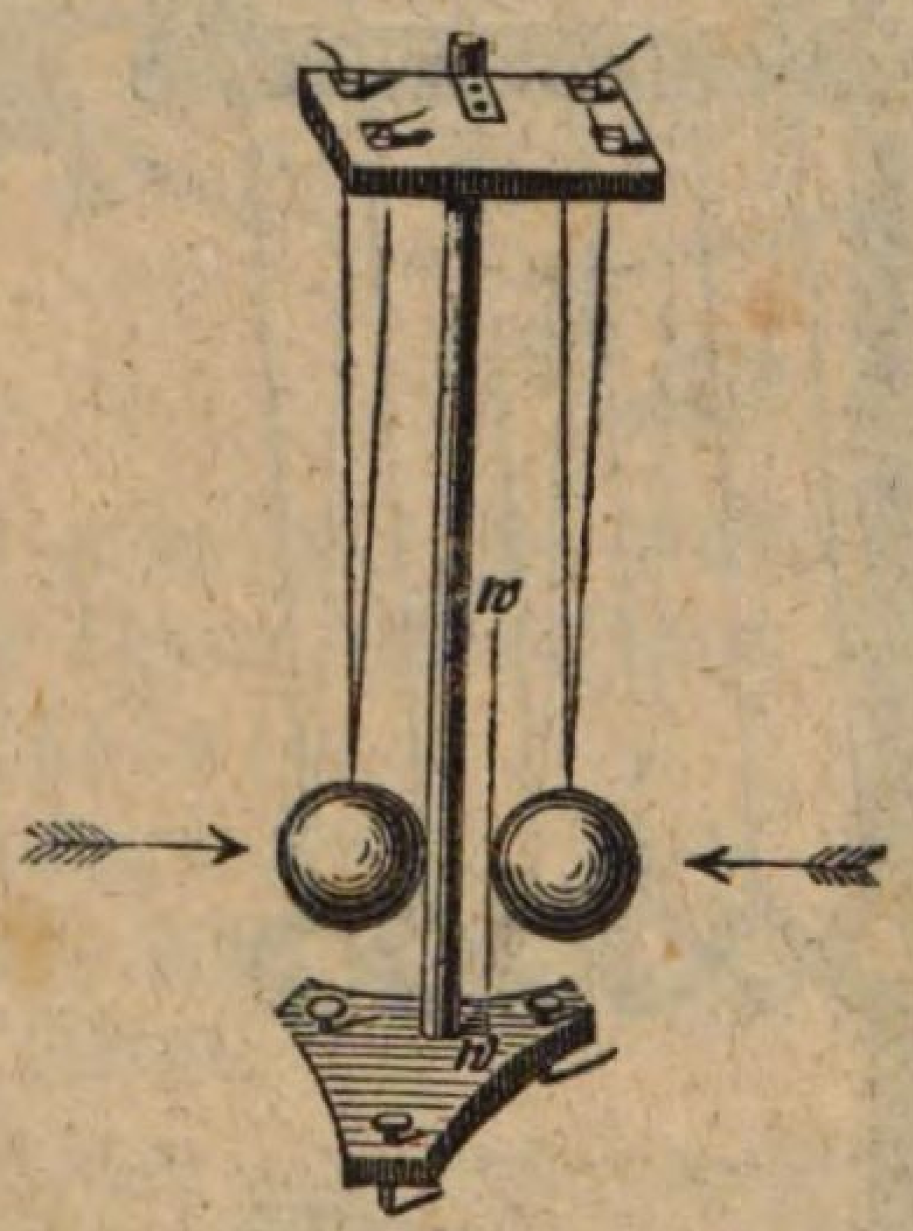
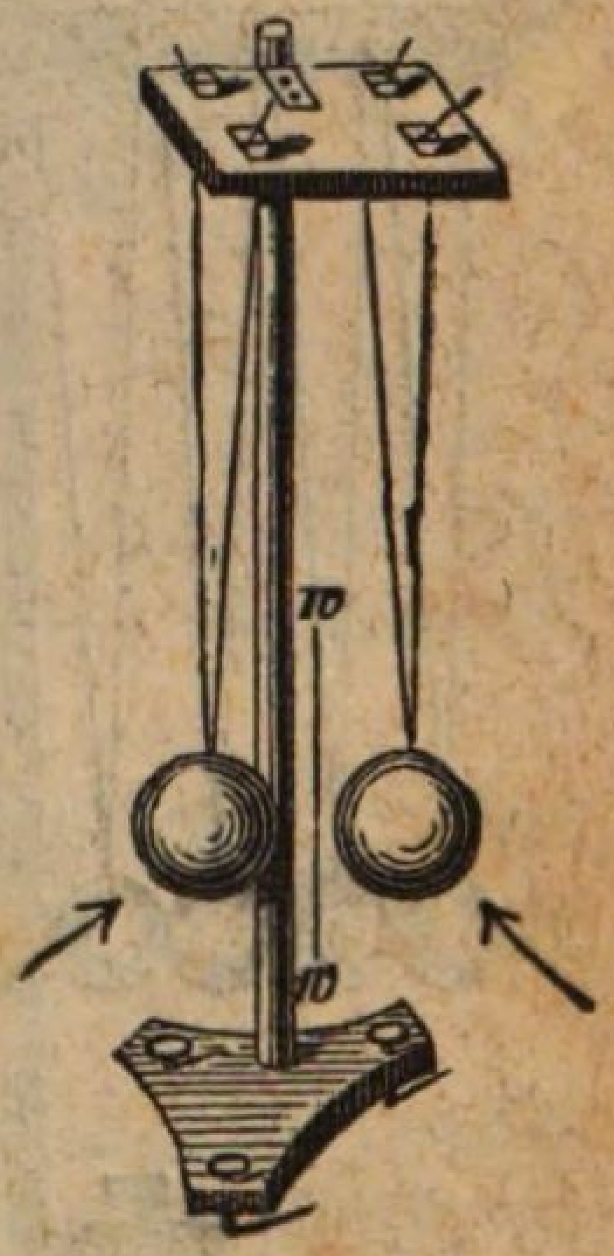


Fig. 172.



Gerader, centraler Stoß elastischer Kugeln.

263. **Gleicher Abprall.** Zwei vollkommen elastische Kugeln von gleicher Masse, welche mit gleicher Geschwindigkeit gegen einander gerade und central stoßen, prallen mit gleicher Geschwindigkeit zurück.

Die Kugeln aus Elfenbein, Hartgummi, Kautschuck, Guajakholz &c. sind elastisch.

264. **Stoß gegen eine ruhende Kugel.** Bleibt alles wie vorhin, nur daß eine der Kugeln vor dem Stoße ruht; so kommt die stoßende Kugel zur Ruhe, und die ursprünglich ruhende geht mit der Geschwindigkeit und in der Richtung der ersteren weiter.

265. **Austausch der Bewegungsstücke beim Stoß.** Ueberhaupt tauschen zwei gleiche, elastische Kugeln während des Stoßes die Richtung und Geschwindigkeit ihrer ursprünglichen Bewegung aus.

266. **Stoß zweier ungleicher Kugeln.** Trifft eine größere elastische Kugel eine kleinere, ruhende elastische Kugel, so gehen beide in der Richtung der stoßenden weiter und zwar die kleinere mit einer größeren Geschwindigkeit, als die ankommende.

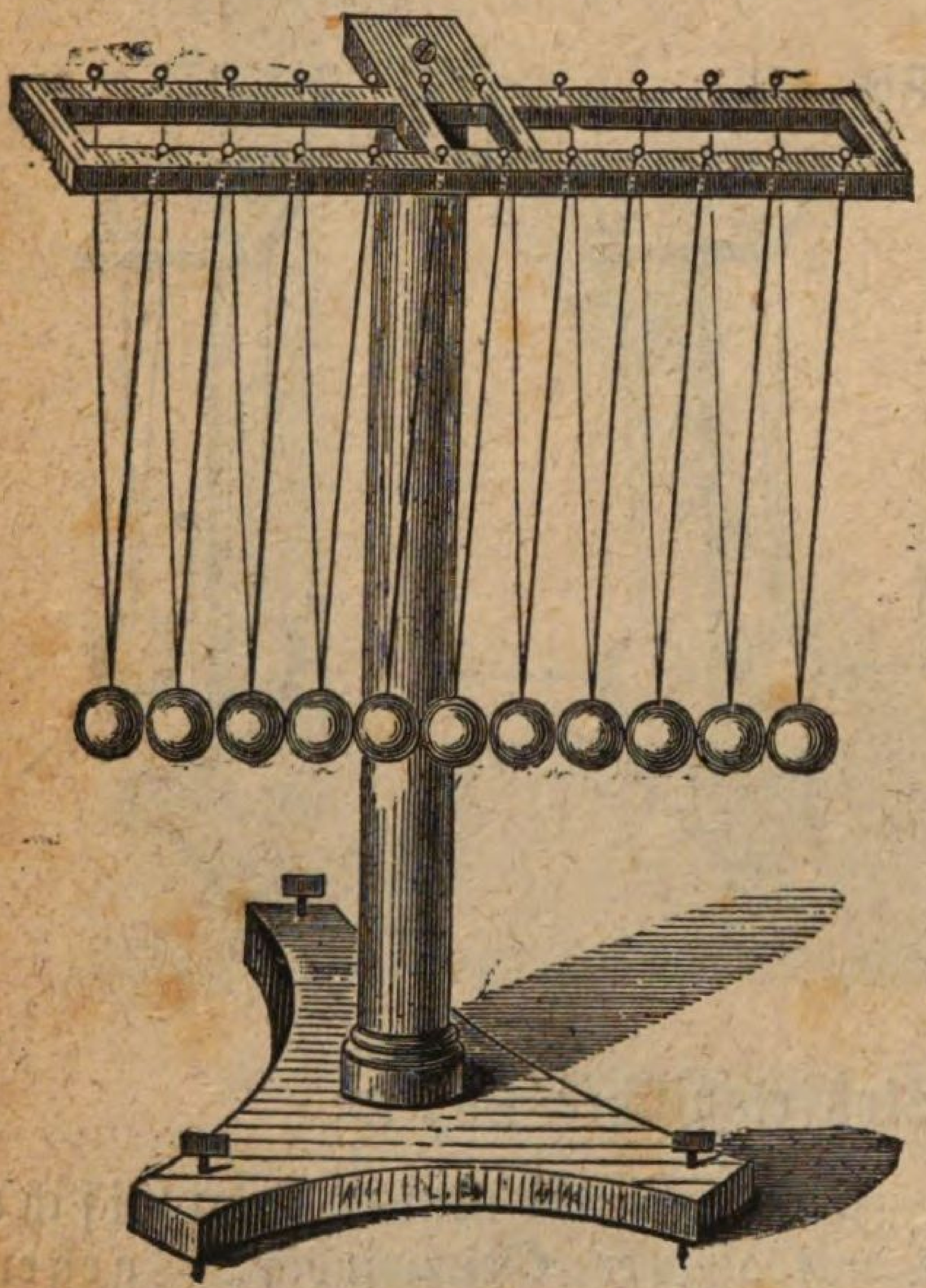
Die Geschwindigkeit der größeren Kugel verhält sich zu jener der kleineren, wie der Unterschied der Massen zur zweifachen Masse der größeren Kugel.

Wenn die kleinere Kugel die ursprünglich bewegte ist und die größere ruht, so prallt die erstere nach dem Stoße mit einer kleineren Geschwindigkeit zurück, als die größere erhält, welche sich in der Richtung der stoßenden weiterbewegt.

Die Geschwindigkeit der größeren Kugel verhält sich zu jener der kleineren, wie die doppelte Masse der letzteren zum Massenunterschiede beider Kugeln.

Gerader, centraler Stoß in einer Reihe elastischer Kugeln.

Fig. 173.



267. **Eine Kugel springt ab.** Stößt (Fig. 173) eine elastische Kugel gerade und central an eine Reihe gleicher elastischer Kugeln; so gelangt die ankommende Kugel zur Ruhe, während die letzte unter demselben Winkel, nach derselben Richtung und mit derselben Geschwindigkeit abspringt, mit welchen die erste Kugel ankam. Die zwischen beiden Enden liegenden Kugeln dienen nur zum Empfangen und Weitergeben des Stoßes. Die dazu erforderliche Zeit könnte erst bei einer außerordentlich langen Kugelreihe bemerkt werden.

268. **Mehrere Kugeln prallen ab.** Läßt man mehrere elastische Kugeln gemeinschaftlich gegen eine Kugelreihe (Fig. 173) fallen, so springen ebensoviele am andern Ende ab. Die fallenden Kugeln stoßen nämlich, trotz ihrer Berührung, nicht mit einem Male, sondern außerordentlich rasch nach einander.

269. **An beiden Enden prallen gleichzeitig Kugeln ab.** Läßt man gleichzeitig auf beiden Seiten eine oder mehrere elastische Kugeln gegen die Reihe fallen, so springen, nach dem Stoße, auf

beiden Seiten die Endkugeln in **ausgetauschter** Anzahl und mit **ausgetauschter** Geschwindigkeit zurück.

Stoßen rechts 2 und links 3 Kugeln, so springen rechts 3 und links 2 Kugeln ab.

270. **Stoß in einer Reihe ungleicher Kugeln.** Sind der Reihe nach die elastischen Kugeln immer kleiner, so verhält es sich mit dem Abprallen der Endkugeln wie bei zwei ungleichen Kugeln (§. 266), indem die Zwischenkugeln nur den Stoß aufnehmen und weiter geben.

1. Man kann die Größe des Bogens und die Geschwindigkeit der Abprallung berechnen, wenn man das Gesetz, nach welchem die Kugeln kleiner werden, kennt.

2. Die **große** Endkugel braucht nur einen kleinen Bogen zu machen und die kleinste Endkugel kann weit abprallen, und umgekehrt. — Das „ballistische Pendel" beruht auf ähnlichem Grunde.

3. Was wird sich hier ergeben, wenn an beiden Enden gleichzeitig mit einer oder mehreren Kugeln gestoßen wird?

271 **Stoß einer elastischen Kugel gegen eine Wand.** Stößt (Fig. 174) eine vollkommen **elastische** Kugel gegen eine unbe-

Fig. 174.

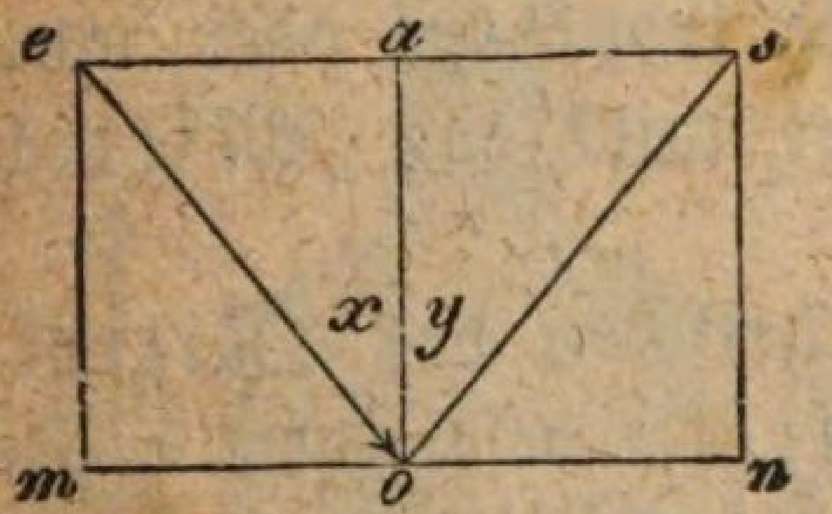
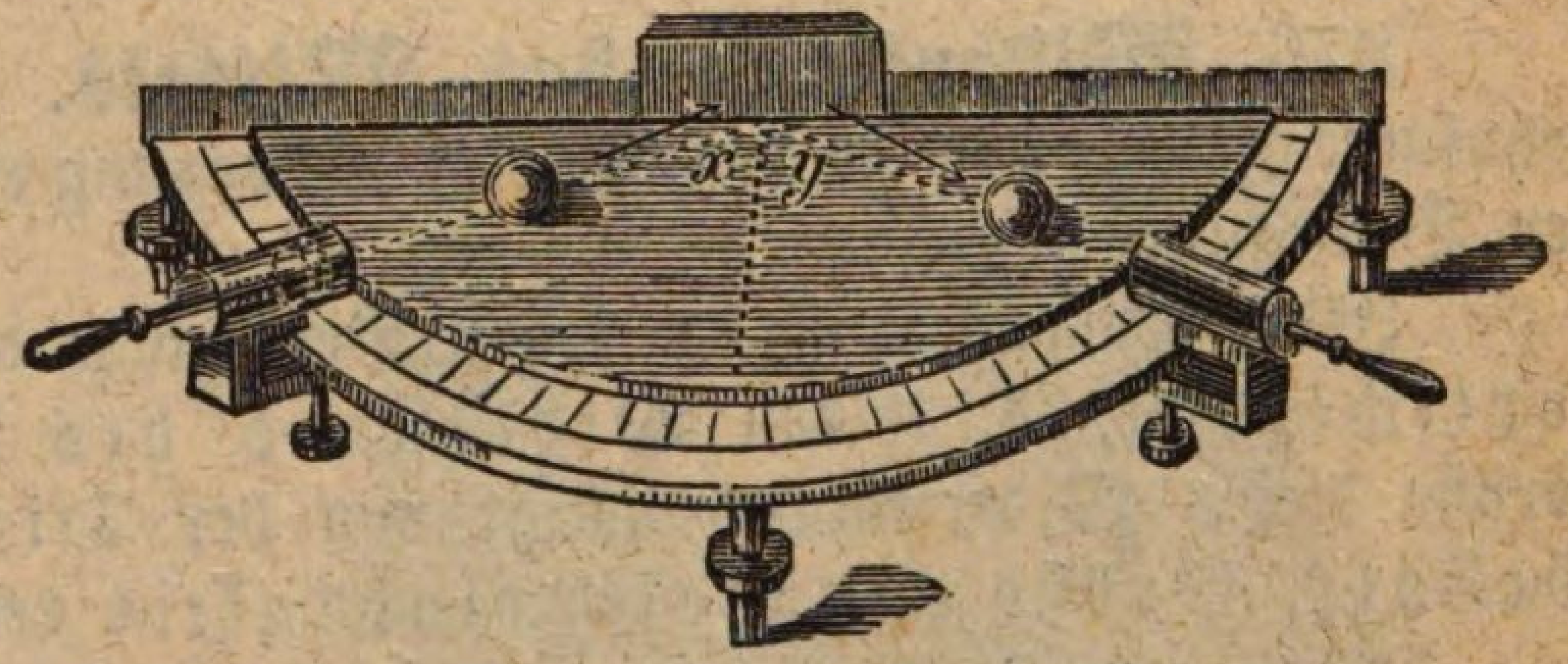


Fig. 175.



wegliche Wand unter dem Winkel moe an, so prallt sie mit der ursprünglichen Geschwindigkeit unter einem Winkel nos = moe wieder ab. Die Senkrechte ao heißt **Einfallsloth**.

Bei dem Stoße einer elastischen Kugel gegen eine Wand ist der **Zurückwerfungswinkel** y gleich dem **Einfallswinkel** x und beide liegen in **einer und derselben** Ebene.

1. Die Vorrichtung in Fig. 175 dient zum experimentalen Nachweise. Besser wären ähnliche Vorrichtungen wo die Kugel hängt; warum? (Wegen Abwesenheit der Reibung). Entwurf eines solchen Apparates in einer Zeichnung. — Billard.

2. Die Gesetze des Stoßes wurden fast gleichzeitig von **Wallis** 1668 und **Huyghens** 1669 abgeleitet. — Der Stoßapparat (Fig. 173) stammt von **Mariotte** 1677.

H. Bewegungshindernisse.

272. **Ursache der Reibung.** Wird ein Körper längs eines anderen bewegt, so werden, vermöge der **Reibung**, die Erhöhungen der sich berührenden Stellen **niedergedrückt**, **verschoben**, **abgerissen**, oder aus den Vertiefungen **gehoben**. Zu dieser **Ueberwindung** der Reibung muß ein Theil der bewegenden Kraft verwendet werden.

273. **Eine momentane Kraft und die Reibung.** Hat ein Körper durch eine **momentane Kraft** eine Bewegung längs eines

anderen erhalten; so muß sich, wegen der Reibung, die Geschwindigkeit vermindern, bis der Körper zur Ruhe kömmt.

274. **Erfahrungen über die Reibung.** Die Reibung ist desto größer, je rauher die sich berührenden Flächen sind und je stärker sie gegen einander gedrückt werden. — Polier- und Schmiermittel dagegen. Die Reibung ist bedeutender, wenn die Körper von derselben materiellen Beschaffenheit sind, und wenn sie über einander hingeschoben werden.

Verminderung der Reibung durch Eisenzapfen und Messingpfannen, Messing- und Lederzähne an Rädern. — Das Weiterrollen mittels Walzen, Rädern etc.

275. **Nutzen der Reibung.** Wegen der Reibung bleiben die wirklichen Leistungen der Maschinen weit hinter den berechneten zurück. Die Reibung ist aber deshalb nicht als ein Uebel anzusehen. Ohne Reibung könnte man nicht gehen, nicht stehen, nicht sitzen, Nägel und Schrauben nicht befestigen u. dgl. m.

1. Schlitten und Schlittschuhe. — Hemmschuh und Bremsen. — Aufrauhung der Sohlen, des Pflasters. — Aufstreuen bei Glatteis.

2. Andere Bewegungshindernisse, als Steifheit der Seile, Adhäsion u. s. w. sind minder wichtig.

276. **Widerstand des Mittels.** Jede tropfbare oder ausdehnsame Flüssigkeit, in welcher eine Bewegung erfolgt, wird das „Mittel" der Bewegung genannt.

Jeder Körper muß bei seiner Bewegung die Theilchen des Mittels fortschieben, d. i. den Widerstand des Mittels beseitigen. Die Größe dieses Widerstandes hängt von der Dichte des Mittels, von der Gestalt, Größe und Geschwindigkeit des bewegten Körpers ab.

Bei einer 2-, 3-, 4mal größeren, mäßigen Geschwindigkeit wird der Widerstand des Mittels gegen eine Fläche 4-, 9-, 16mal so groß.

Fig. 176.



277. **Der Fallschirm.** Mit demselben (Fig. 176) fällt man aus größeren Höhen langsam, also meistens unbeschädigt herab. Er beruht auf dem bedeutenden Widerstand, den die Luft gegen die Fläche dieser regenschirmartigen Vorrichtung äußert.

Der Fallschirm bei Luftfahrten. — Erfunden von Le Normand 1783.

278. **Die Rückwirkung des Mittels.** Drückt ein Schiffer sein Ruder mit der breiten Fläche gegen das Wasser,

so leistet dieses einen Widerstand und ertheilt dem Kahne eine Bewegung in entgegengesetzter Richtung. Aehnlich verhält es sich mit dem künstlichen Schwimmen und dem Fliegen der Vögel (Seite 56).

I. Gleichgewicht und Bewegung tropfbar flüssiger Körper.

279. **Der Spiegel.** Die Oberfläche einer tropfbaren Flüssigkeit, welche sich in einem mäßig weiten Gefäße befindet, bildet im Zustande des Gleichgewichtes eine wagrechte Ebene, einen „Spiegel“ oder ein Niveau.

Bei zu weiten Behältern, z. B. bei Seen und Meeren, ist die Oberfläche, wegen der Kugelgestalt der Erde, gekrümmt. Bei zu engen Gefäßen bewirkt die Adhäsion eine Ausnahme.

Fig. 177.

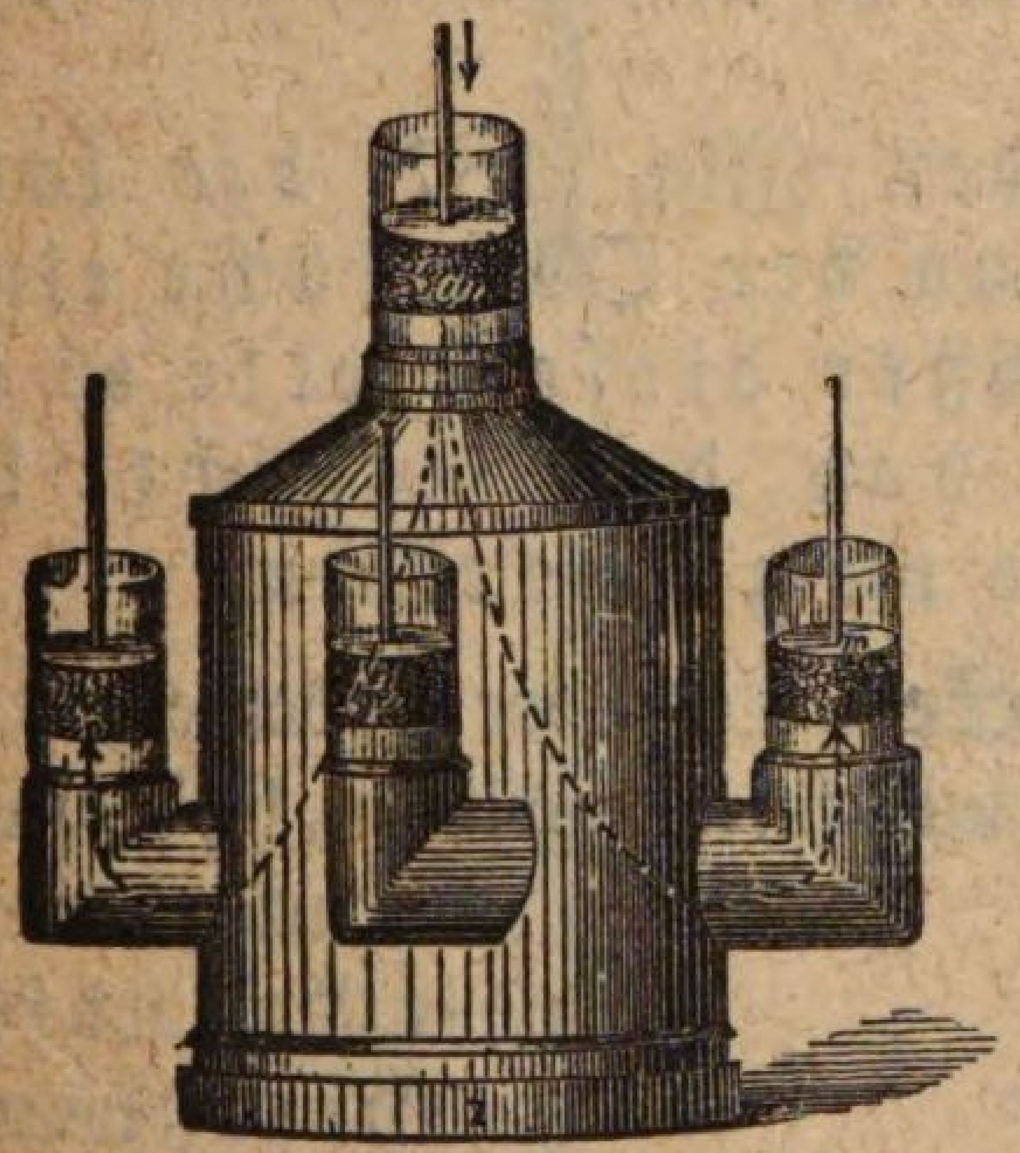
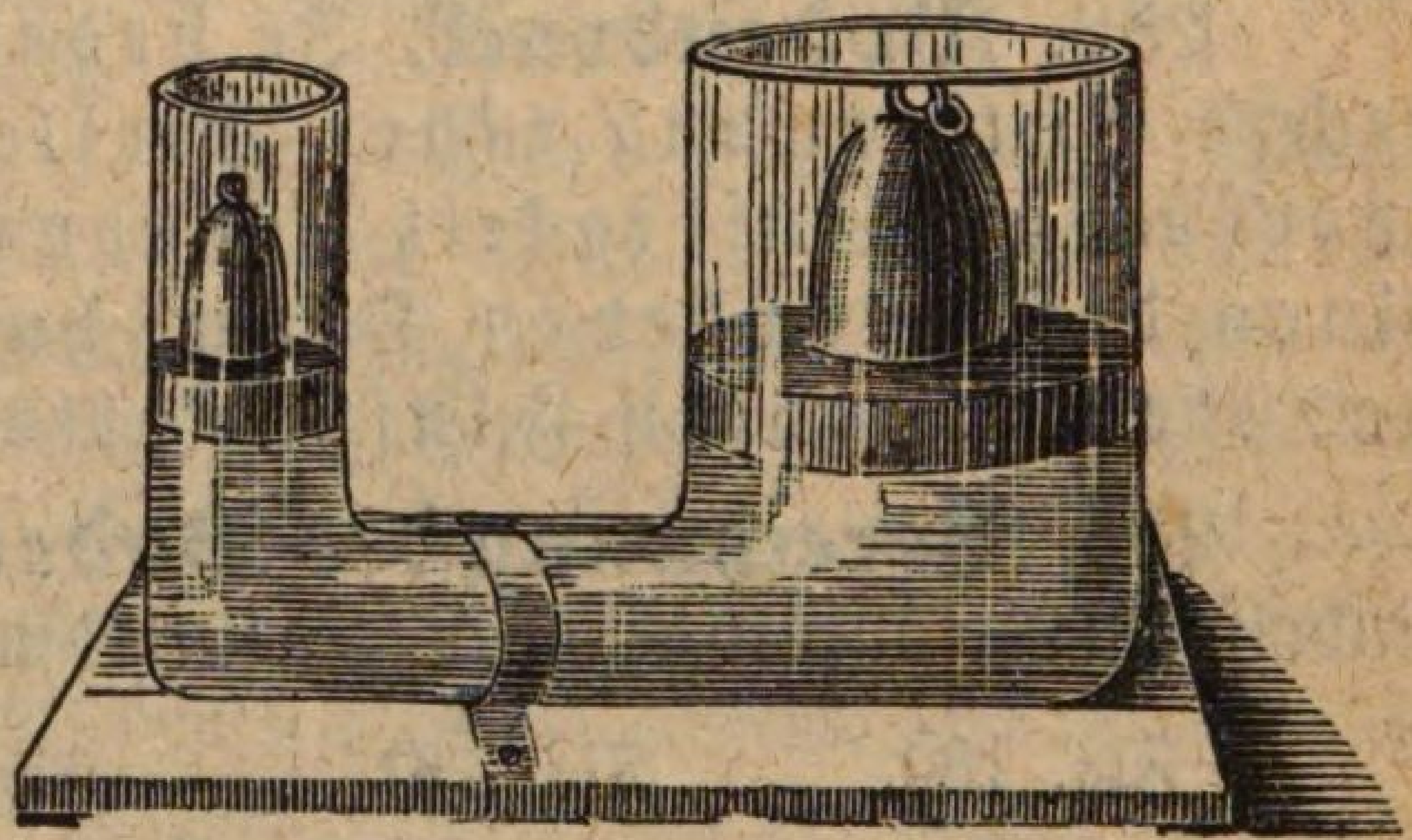


Fig. 178.



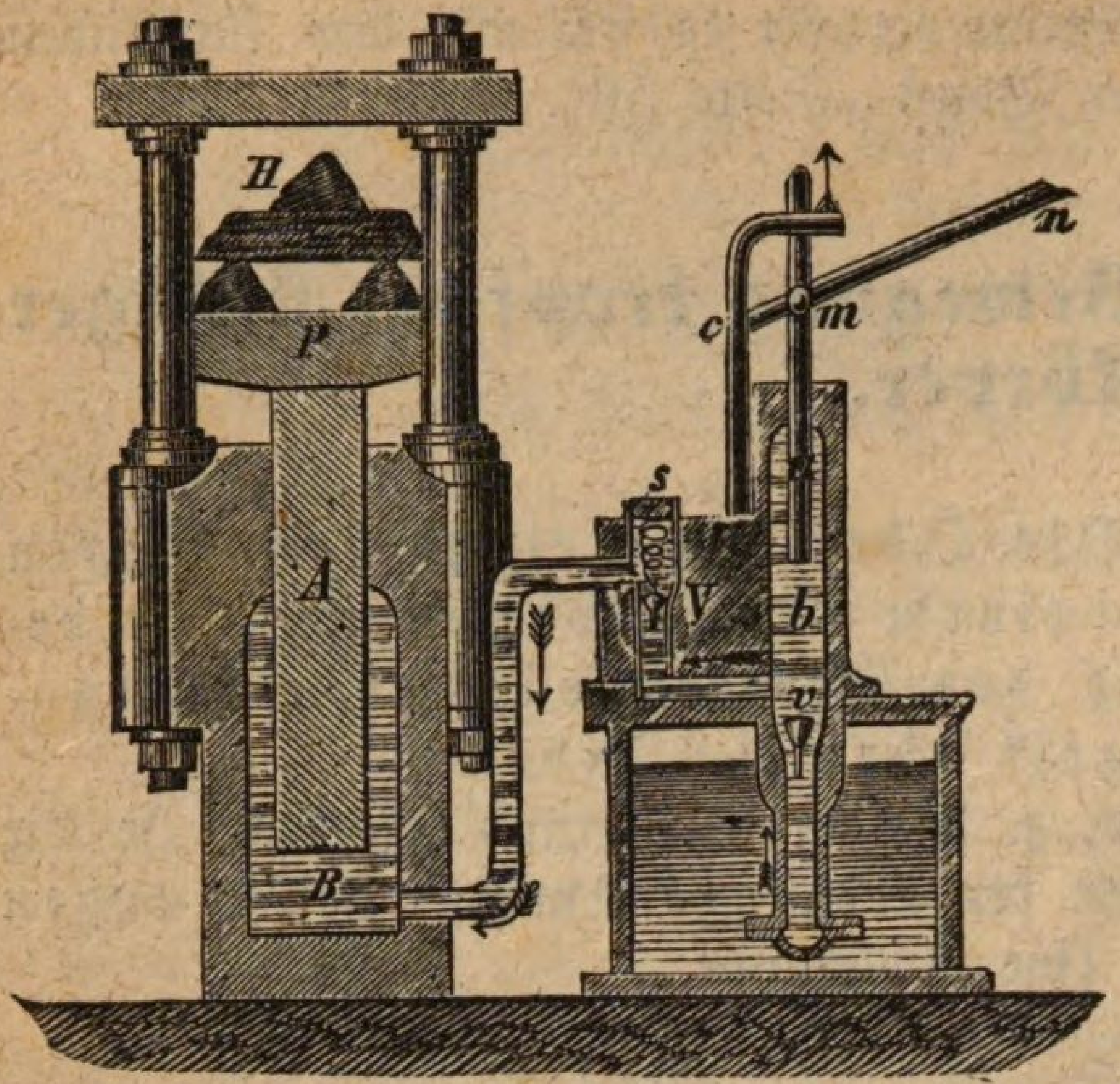
Im Nachfolgenden wird nicht selten der Kürze wegen das Wort „Wasser“ für „tropfbare Flüssigkeit“ gebraucht.

280. **Allseitige Fortpflanzung des Druckes.** Wenn (Fig. 177) auf eine tropfbare Flüssigkeit an einer Stelle nach einer bestimmten Richtung ein Druck ausgeübt wird, so pflanzt sich derselbe, in Folge der Unzusammendrückbarkeit der Flüssigkeit, nach allen Seiten ungeschwächt fort.

Ein jedes Stück der Gefäßwand, welches der Grundfläche des Kolbens a gleich ist, wird so stark wie der Kolben selbst gedrückt. Ein 2=, 3=, 4=,....nmal größerer Theil der Gefäßwand wird daher auch 2=, 3=, 4=,....nmal stärker als der Kolben gepreßt. Dasselbe gilt, wenn ein Stück der Wand durch einen Kolben ersetzt wird.

Wäre (Fig. 178) die Basis des größeren Kolbens 100mal größer als jene des kleinen, so würden 40 auf den schmaleren Stempel drückende Kilogramme genügen, um 4000 auf den breiteren Kolben drückenden Kilogrammen das Gleichgewicht zu halten. Durch einen geringen Ueberschuß von Kraft könnte man dann den kleineren Kolben hinab bewegen und dadurch den mit 4000 Kilogrammen belasteten, größeren Kolben heben.

Fig. 179.



281. **Hydraulische Presse.** Durch eine Druckpumpe wird (Fig. 179) Wasser in die weitere Abtheilung gedrückt, mithin der Kolben A, und eben so ein gewichtiger Körper, gehoben, welcher auf dem Kolben liegt.

Gegenstände, welche sich zwischen der oberen Fläche des Kolbens und einem sehr festen Widerhalte befinden, können zusammengepreßt werden. Hievon heißt auch der Kolben A Preßkolben.

Der Kolben a wird Druckkolben genannt.

Zweck des einarmigen Hebels cmn? — Obige Presse erfunden von Bramah 1796.

282. **Bodendruck.** Je bedeutender (Fig. 187) die lothrechte Entfernung einer Stelle sr von der Oberfläche einer tropfbaren Flüssigkeit, ferner je größer diese Stelle sr ist, einen desto stärkeren Druck hat sie von dem Gewichte der darüber liegenden Flüssigkeitssäule mr zu erleiden.

283. **Berechnung des Bodendruckes.** Liegt der Boden eines cylindrischen Gefäßes wagrecht, so findet man den auf ihn ausgeübten, hydrostatischen Druck, wenn man die Grundfläche des Gefäßes mit dessen Höhe und dem specifischen Gewichte der Flüssigkeit multiplicirt.

Fig. 180.



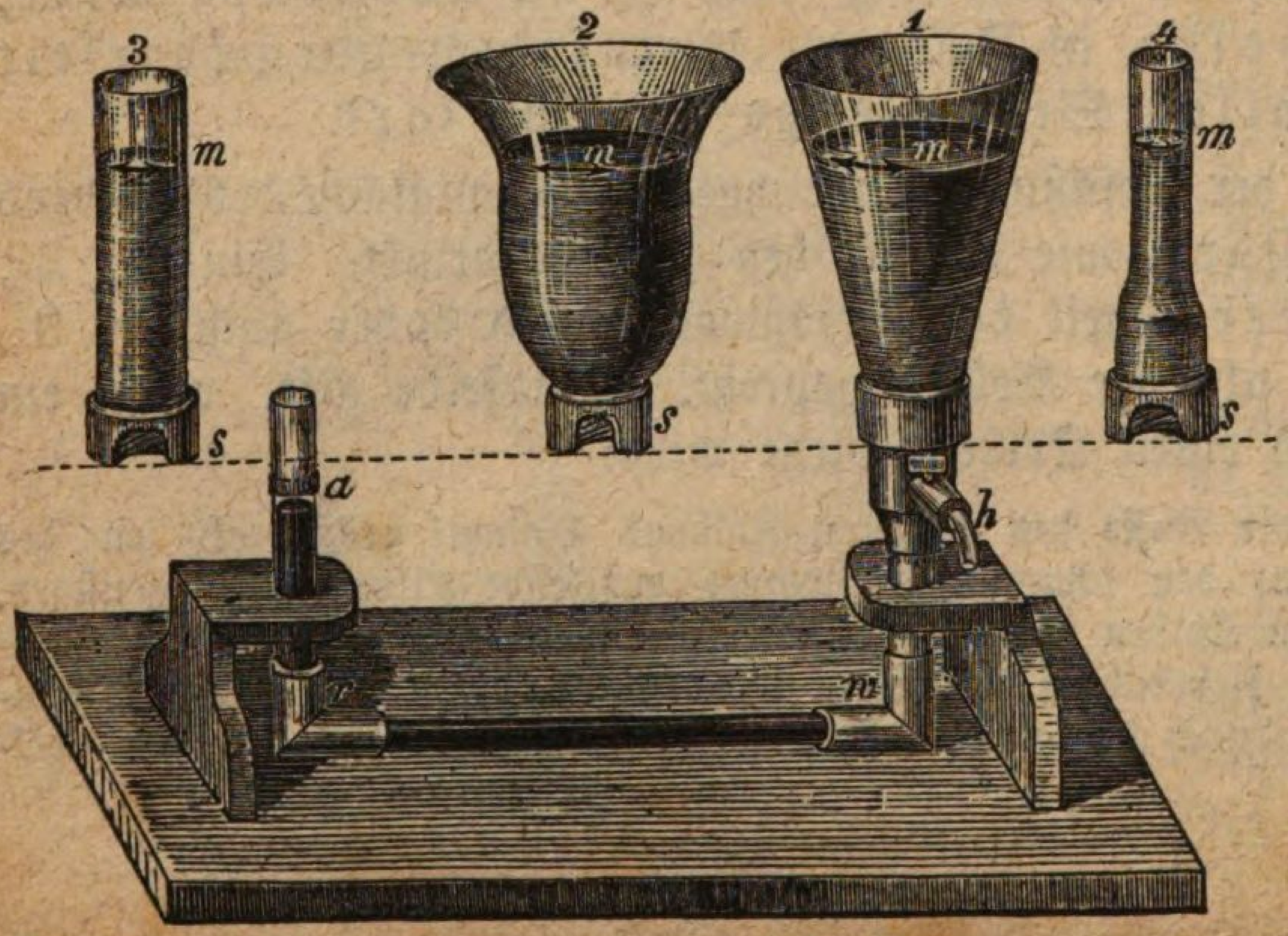
Fig. 181.



Fig. 182.



Fig. 183.

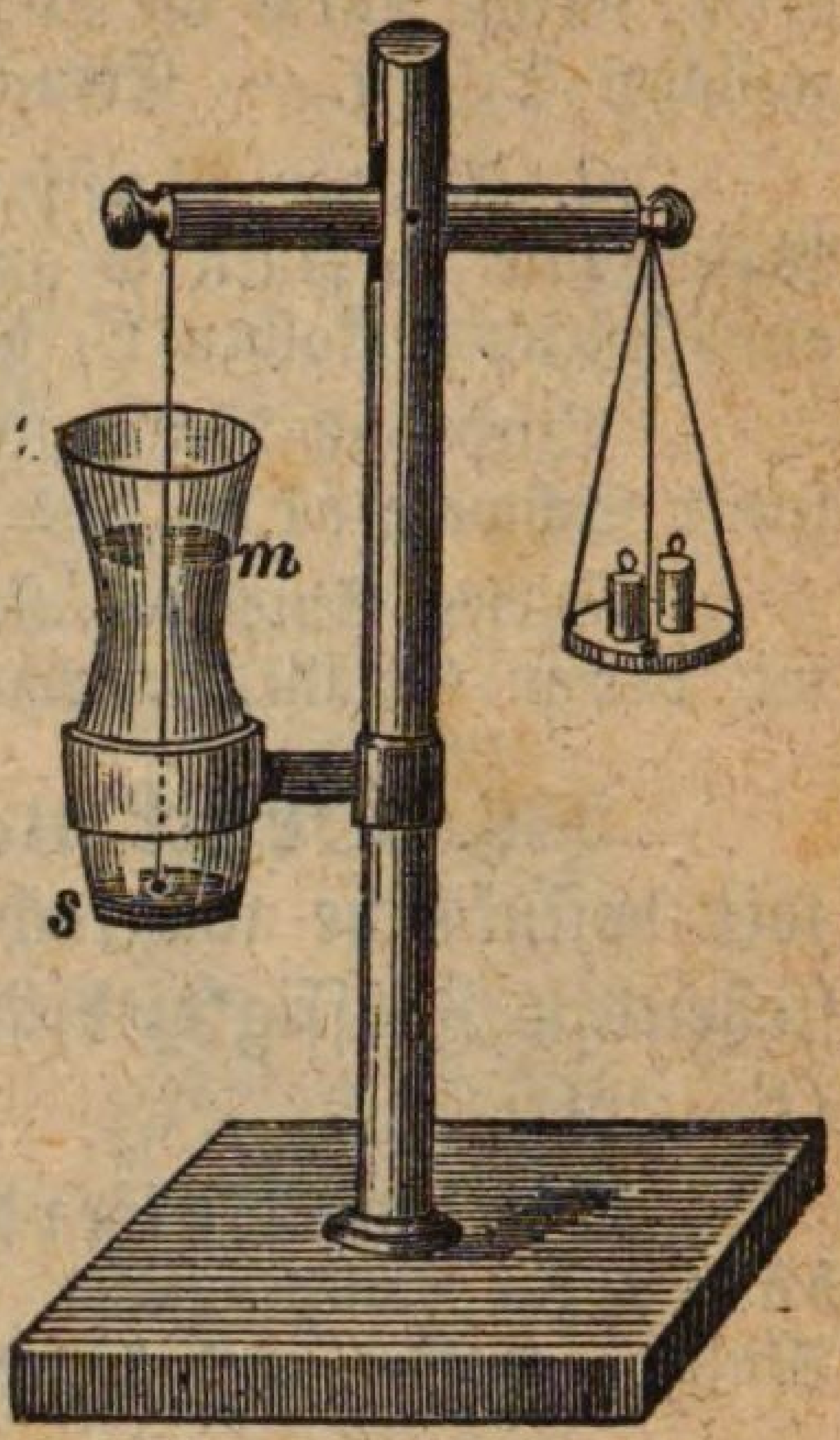


284. **Das hydrostatische Paradoxon.** Gefäße von verschiedener Gestalt (Fig. 180 bis 182), die einen gleich großen Boden haben und mit der nämlichen Flüssigkeit bis zu einer gleichen Höhe gefüllt sind, erleiden einen und denselben Bodendruck — so ungleich auch die Menge der Flüssigkeit ist, welche sie enthalten.

Man kann also mit einer kleinen Wassermenge einen bedeutenden Druck hervorbringen.

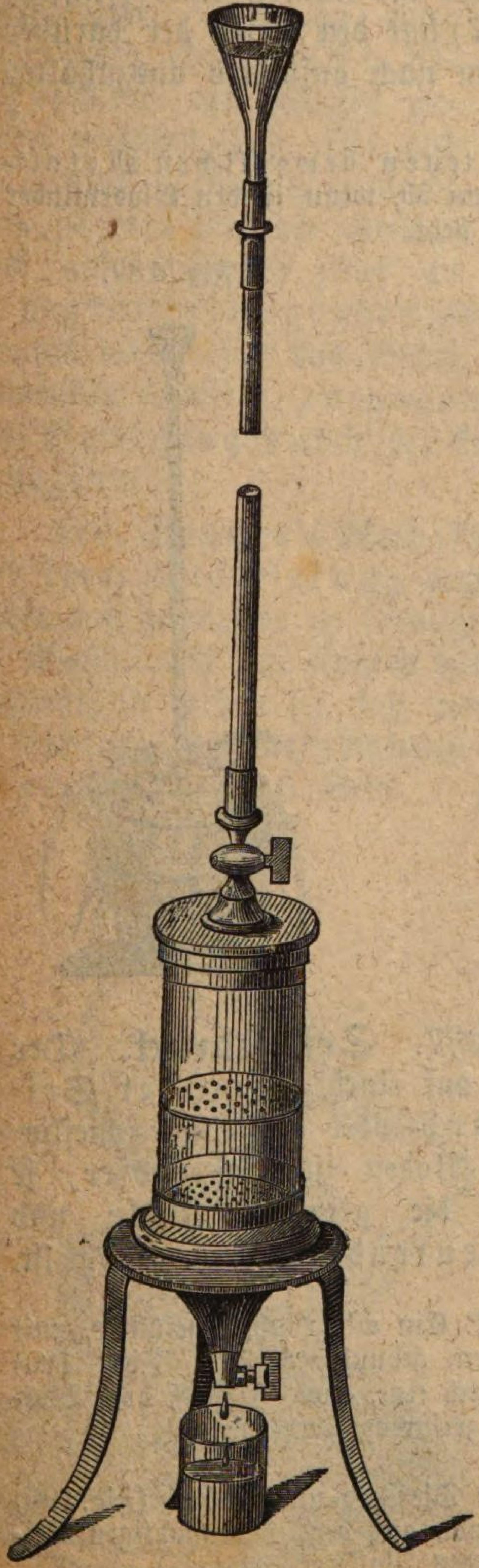
1. Bei gleicher Höhe der Flüssigkeiten (Fig. 183) in den mit gleicher Grundfläche versehenen, nach einander oberhalb h angeschraubten Gefäßen 1, 2, 3 und 4 steht das Quecksilber im anderen Arm stets gleich hoch. — Pascal 1648. — Haldat.

Fig. 184.



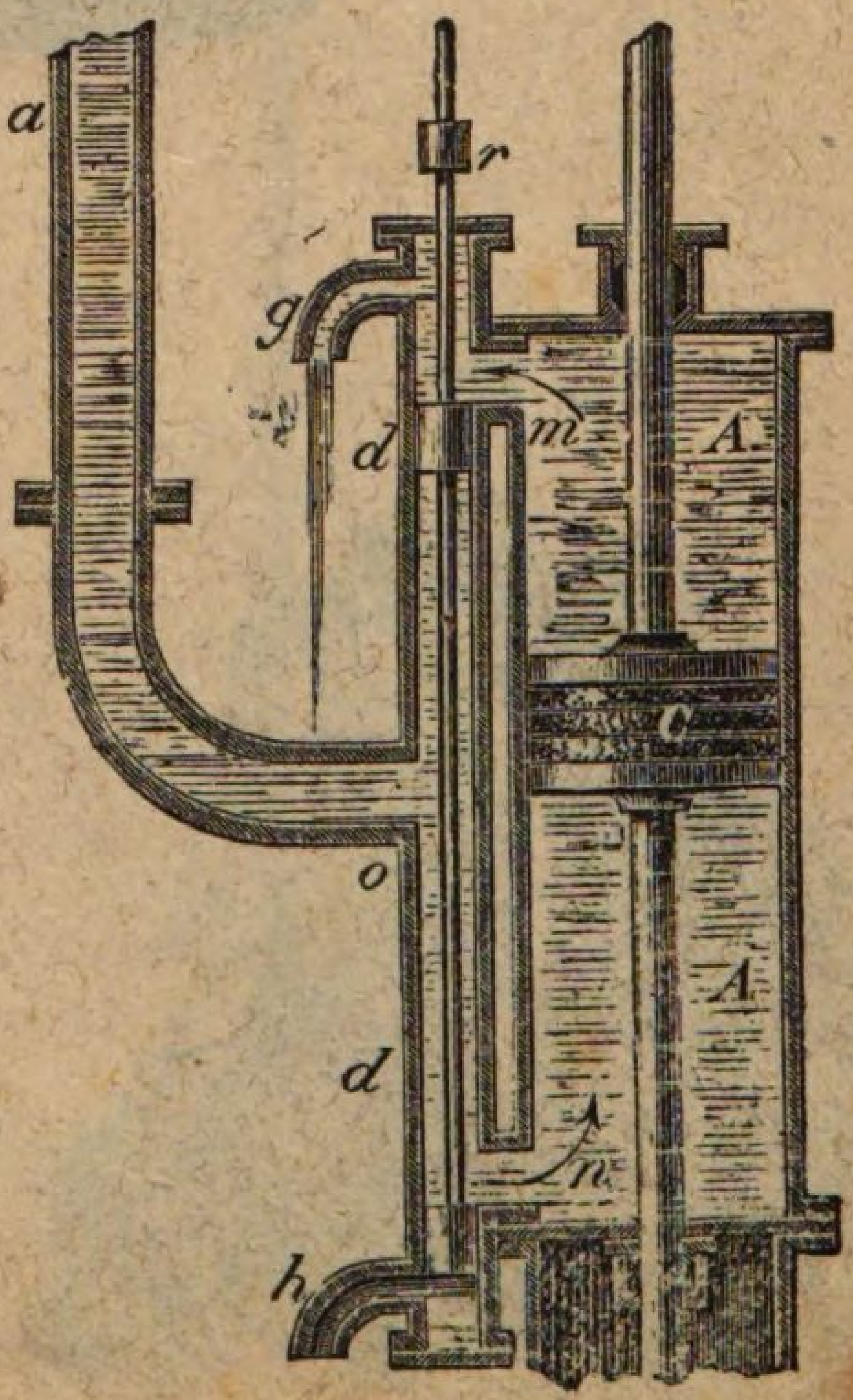
2. Wenn man den Boden für verschieden geformte Gefäße gleich groß und beweglich macht, hierauf mittelst eines Hebels (Fig. 184) den Verschluß bewirkt; so wird jener Boden nur bei gleicher Höhe der Flüssigkeiten in den Gefäßen herabgedrückt.

Fig. 185.



285. **Die Real'sche Presse.** Bei derselben (Fig. 185) übt eine hohe, schmale Flüssigkeitssäule, welche mit einer breiten Schichte derselben Flüssigkeit in Verbindung steht, auf Pflanzenstoffe einen so mächtigen Druck aus, daß die löslichen Theile der letzteren von der Flüssigkeit in großer Menge aufgenommen werden.

Fig. 186.



1. Auf diesem Wege kann man z. B. schwarzen Caffee, Auszüge aus Theearten, welche durch die Wärme verderben, auf kaltem Wege bereiten. — Die Stoffe zwischen Sieben. — Erfunden 1816.

2. In der Wassersäulmaschine übt (Fig. 186) eine hohe, schmale Wassersäule ao einen so großen Druck auf den im weiten Cylinder A wasserdicht anschließenden Kolben C, daß er sich aufwärts bewegt.

Wird das Wasser unterhalb des Kolbens abgelassen, so sinkt derselbe vermöge seiner Schwere abwärts.

Dieses Spiel des Kolbens läßt sich an Pumpwerken, bei geringer Wassermenge mit hohem Gefälle, verwenden. — Denizard 1731.

286. **Druck nach aufwärts.** Eine im Innern einer Flüssigkeit befindliche wagrechte Ebene sr (Fig. 187) hat den Druck der darüber stehenden Flüssigkeitssäule mn auch von unten nach aufwärts auszuhalten (§. 280).

Die vom Wasserdruck aufwärts gehaltenen beweglichen Metallböden der Lampengläser (Fig. 188) fallen erst dann ab, wenn in den Glascylinder Wasser gegossen, und dieses nahe so hoch wie außen steht.

Fig. 187.

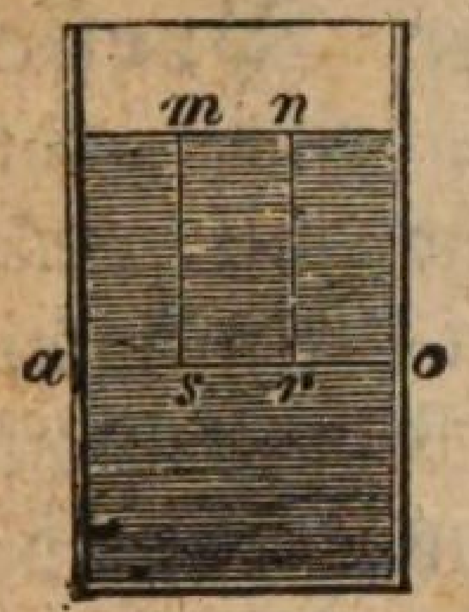


Fig. 188.

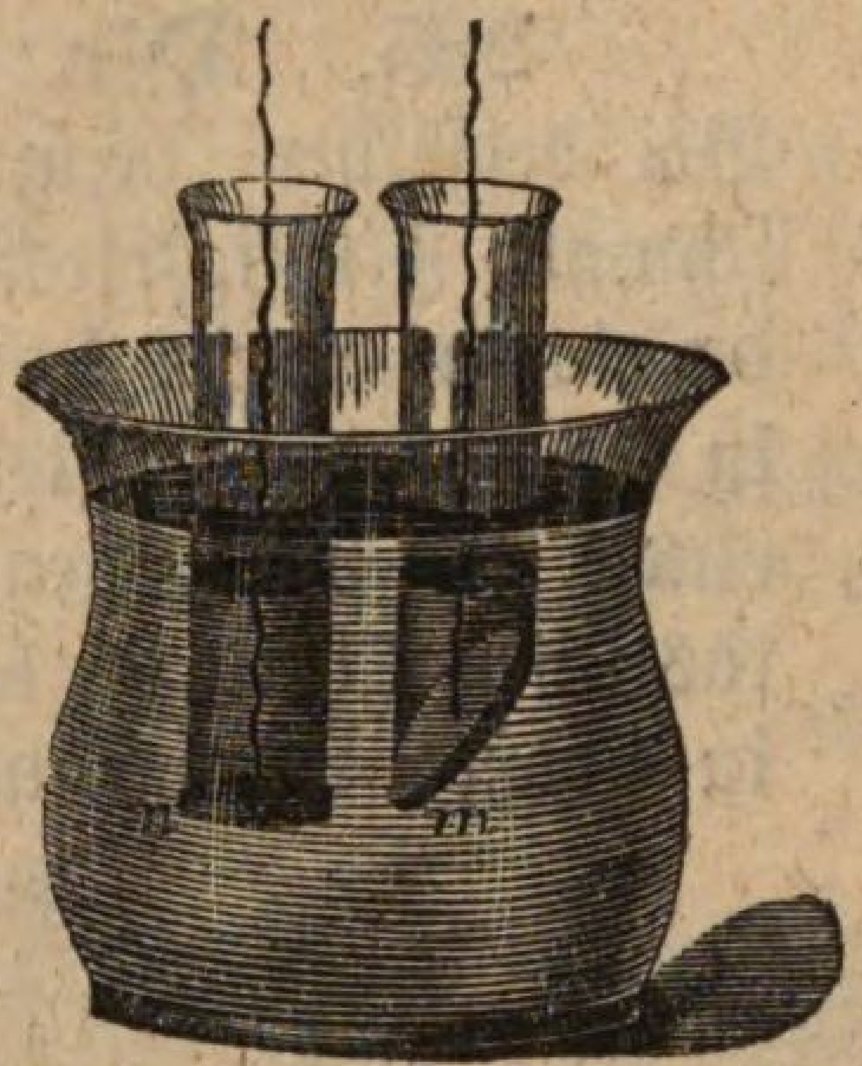


Fig. 189.



Fig. 190.



287. **Seitendruck.** Der Druck auf einen Theil der Seitenwand oder auf einen schiefliegenden Boden ist desto größer, je breiter die gedrückte Fläche und je bedeutender die Druckhöhe ist.

1. Ein mit Wasser gefülltes, mit Holzreifen gebundenes Faß (Fig. 189) kann durch eine, etwa 30 Fuß hohe Wassersäule zersprengt werden.

2. Die Berg- und Erdstürze (Fig. 190) erklärt man aus dem übermächtigen Seitendruck des Wassers.

Fig. 191.

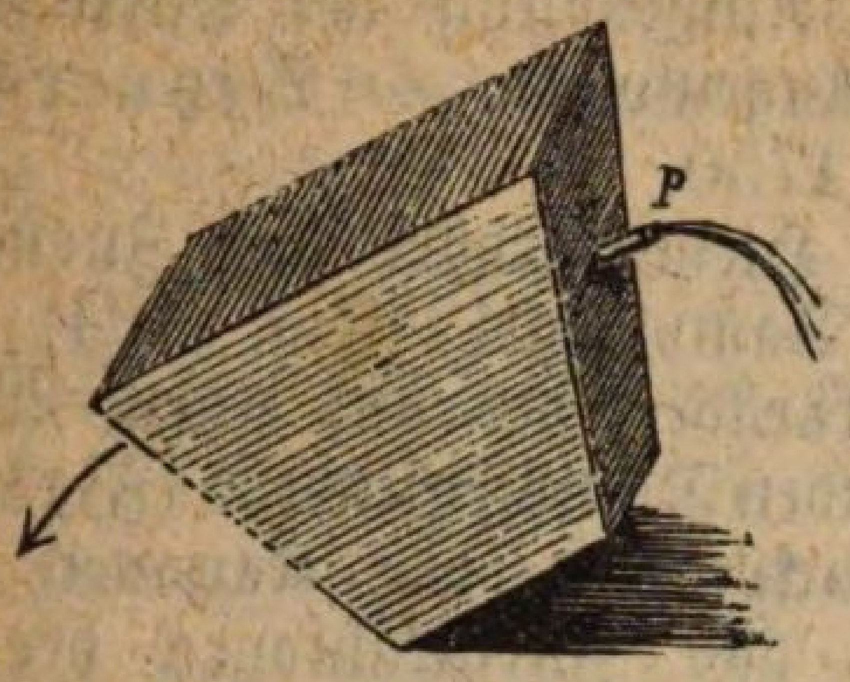
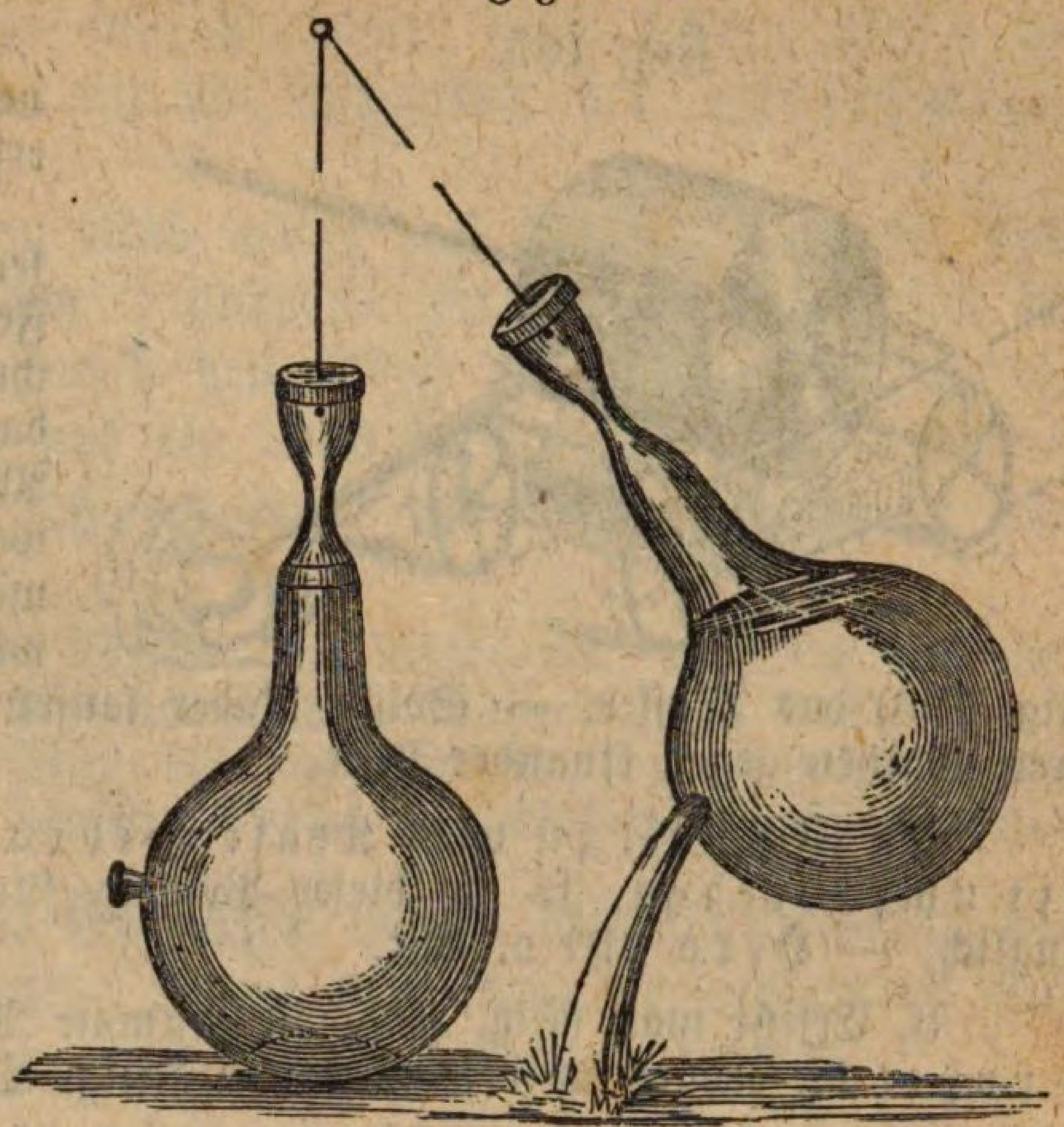


Fig. 192.



288. **Bewegung durch Reaction.** Wenn an einer Seitenwand eines leicht beweglichen, mit Wasser gefüllten Gefäßes (Fig. 191 und 192) eine Oeffnung gemacht wird, so hört hier der Seitendruck auf, während jener an der gegenüberliegenden Stelle fortdauert. Vermöge dieses einseitigen Druckes bewegt sich das Gefäß nach einer Richtung, welche der des ausströmenden Wassers entgegengesetzt ist. Eine derartige Bewegung heißt Bewegung durch Rückwirkung der Flüssigkeit oder durch Reaction.

289. **Segner's Rad** (Fig. 193) wird durch Rückwirkung bewegt. Es besteht aus gekreuzten ∽ förmigen Röhren. Wenn durch diese Röhren das Wasser ausfließt, so drehen sie sich nach einer der Richtung des ausströmenden Wassers entgegengesetzten Seite.

Fig. 193.

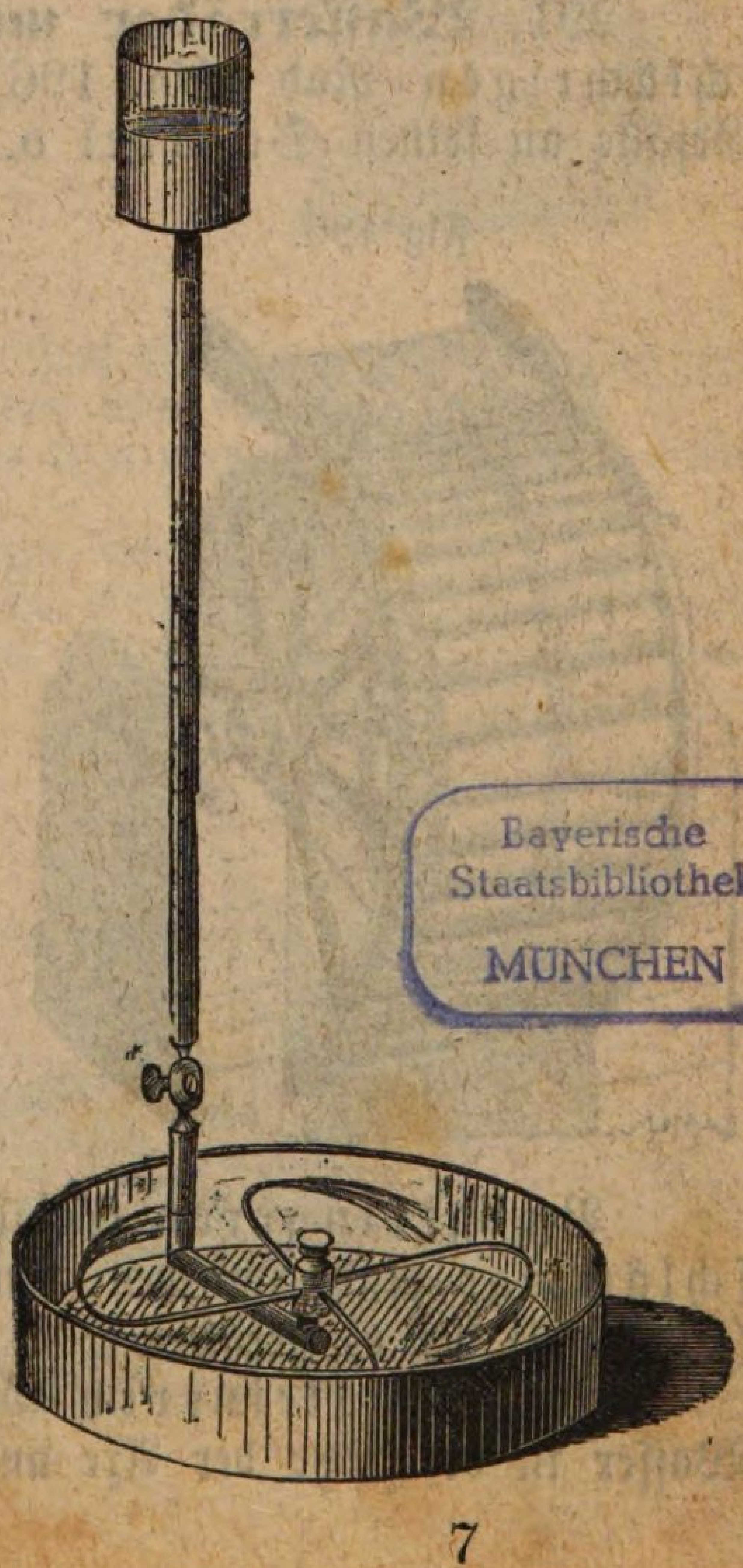


Fig. 194.

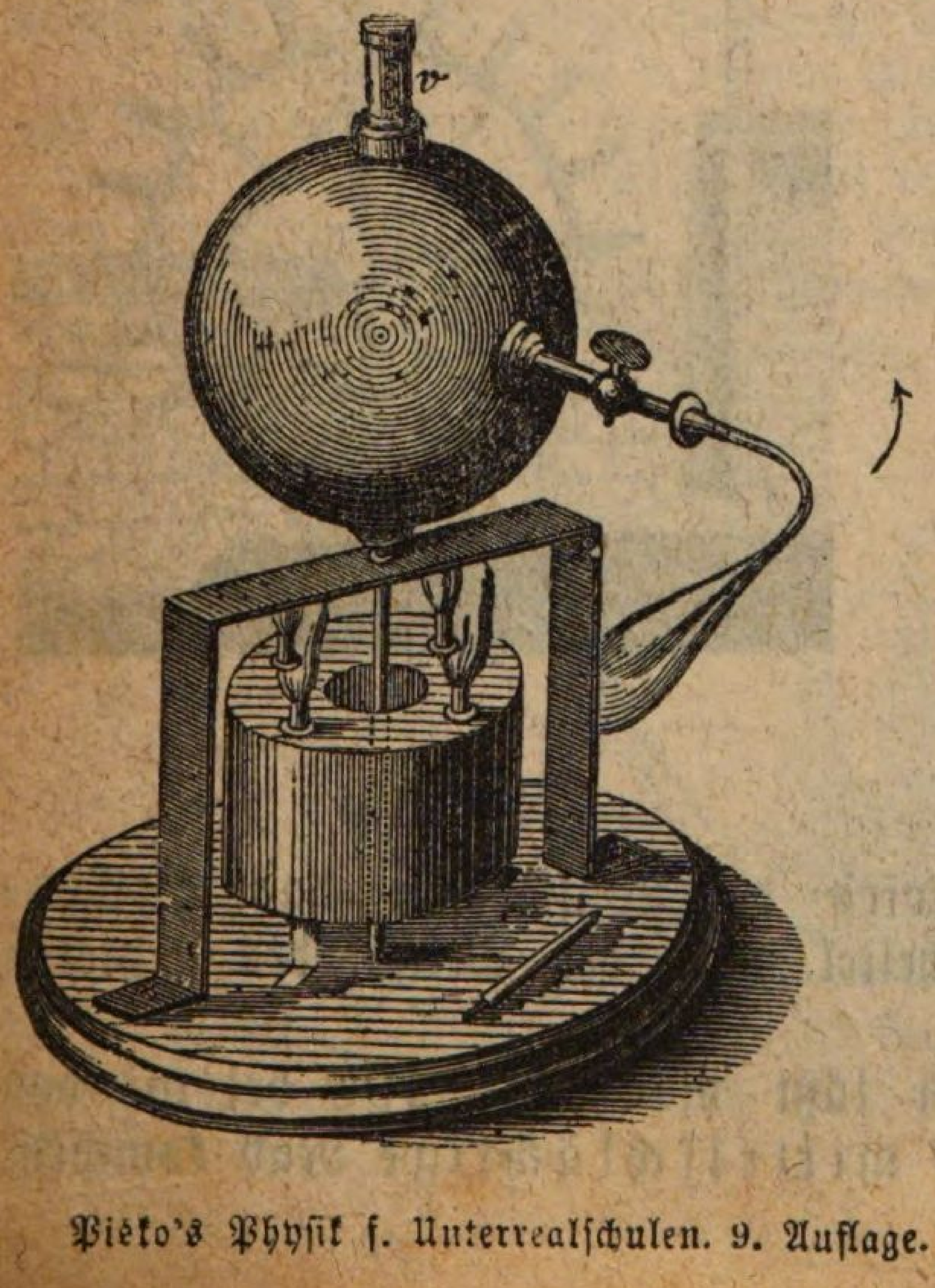
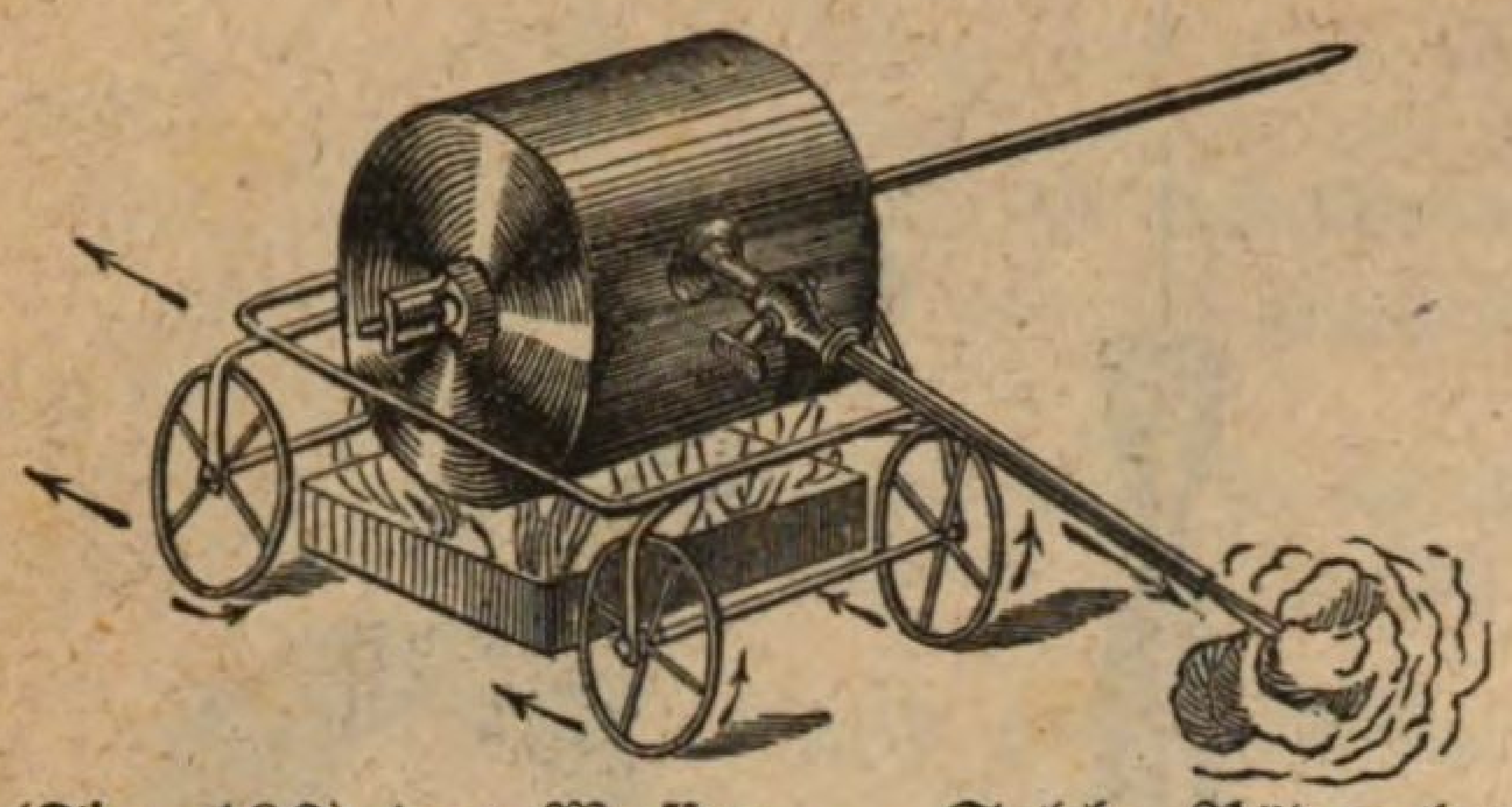


Fig. 195.



1. Anwendung bei Springbrunnen als Augenweide. — Segners Rad erfunden 1750.

2. Hieher gehört das Zurücklaufen der Dampfkugel (Fig. 194), der Feuerwerksräder, des auf einem Wägelchen liegenden Dampfcylinders (Fig. 195), das Zurückprallen der Kanonen beim Abfeuern, das Zurückschlagen der Gewehre u. dgl., bei welchen die ausströmenden Dämpfe oder Gase ähnlich wirken, wie in den krummen Röhren (Fig. 193) das Wasser. — Solche Räder laufen nicht, wenn man die ∽-Röhren mit ihren Spitzen gegen einander stellt.

Da (Fig. 194) zu viel Kraft verbraucht wird, den Dampferzeuger mitumzudrehen, so ist dieses Princip für Anlegung einer Dampfmaschine untauglich. — Hero 210 v. Chr.

3. Ersetzt man (Fig. 194) die krumme Röhre durch ein gerades Ausflußrohr, so ruhet die Kugel, weil dann der einseitige Druck im Axenlager aufgehoben ist.

4. Die Dampfkugel („Windkugel", „Aeolipila") kann als Löthrohr dienen, wenn man die Mündung der geraden, Alkoholdampf blasenden Röhre gegen eine Flamme wendet.

290. **Turbinen.** Auf der Reactionsbewegung beruht die Umdrehung der meisten wagrecht liegenden Wasserräder mit lothrechter Axe, d. i. der Kreiselräder oder Turbinen. Sie werden bei beliebig hohen Gefällen angewendet.

291. **Wasserräder mit wagrechter Axe.** Beim oberschlächtigen Rad (Fig. 196) gelangt das Wasser aus einem hohen Gefälle an seinen Scheitel o.

Fig 196.

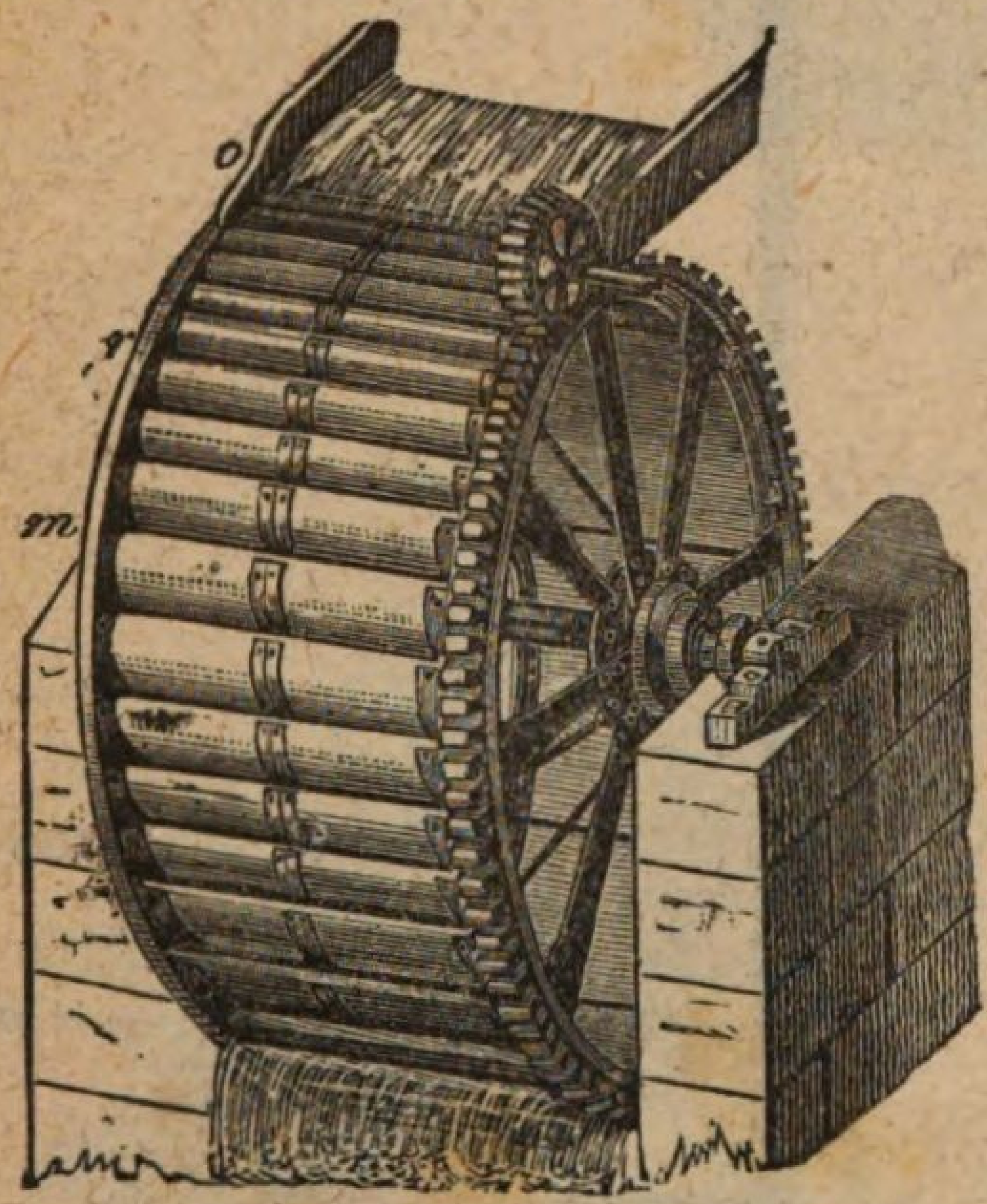
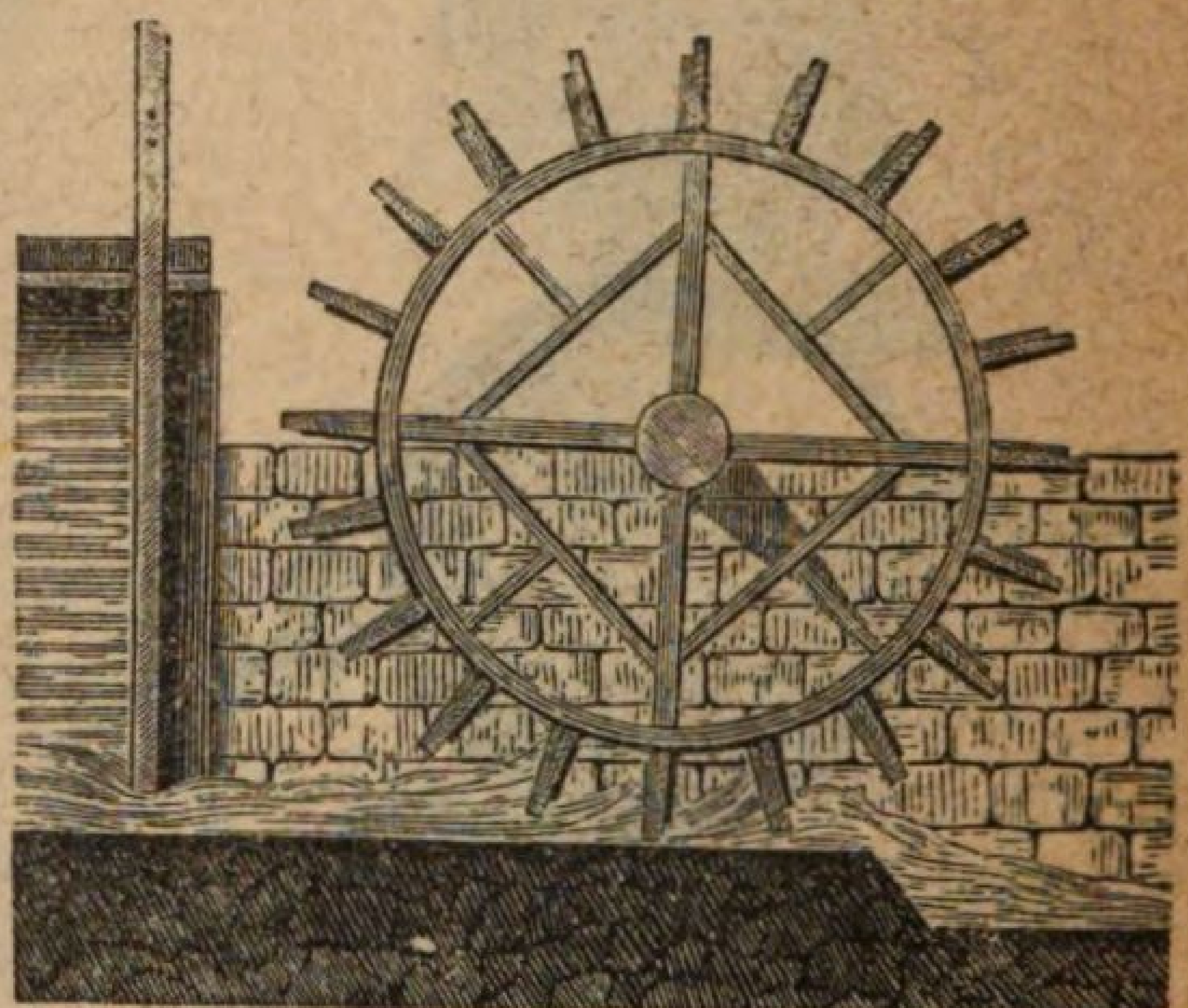


Fig. 197.



Bei geringeren Gefällen wird das Wasser auf das rückenschlächtige Rad zwischen dem Scheitel und der Mitte des letzteren (Fig. 196 bei r) geführt.

Bei noch kleineren Gefällen läßt man (Fig. 196 bei m) das Wasser in der Höhe der Axe auf das mittelschlächtige Rad kommen.

Bei ganz kleinen Gefällen endlich leitet man (Fig. 197) das Wasser unterhalb der Mitte auf die Schaufeln des unterschlächtigen Rades.

Beim unterschlächtigen Rad wirkt das Wasser meistens durch den Stoß, während es bei den 3 anderen Rädern sowohl durch den Druck seines Gewichtes als durch den Stoß die Umdrehung hervorruft. Je weiter oben das Wasser auf ein Rad stürzt, desto mehr Einfluß gewinnt der Wasserdruck, so daß letzterer beim oberschlächtigen Rad vorherrschend ist.

Eigentlich treibt die Schwere des Wassers die Räder um, in Form von Stoß oder Druck; wie so? — Sehr großes Rad bei geringer Wasserkraft (§. 214).

Schaufelräder, gegen welche der Wind oder ausströmender Dampf stößt, gerathen ebenfalls in Bewegung. — Zerlegung der Kraft dabei. — Wasser- und Windmühlen.

292. **Communications-Gefäße** heißen beliebig geformte Gefäße oder Röhren (Fig. 198), welche derart mit einander verbunden sind, daß Flüssigkeiten aus dem einen in das andere gelangen können.

293. **Communicationsgesetz für gleichartige Flüssigkeiten.** Die Spiegel (Fig. 198) einer und derselben Flüssigkeit liegen, zur Zeit des Gleichgewichtes, in allen nicht zu engen Armen eines Communicationsgefäßes in gleicher Höhe.

Fig. 198.

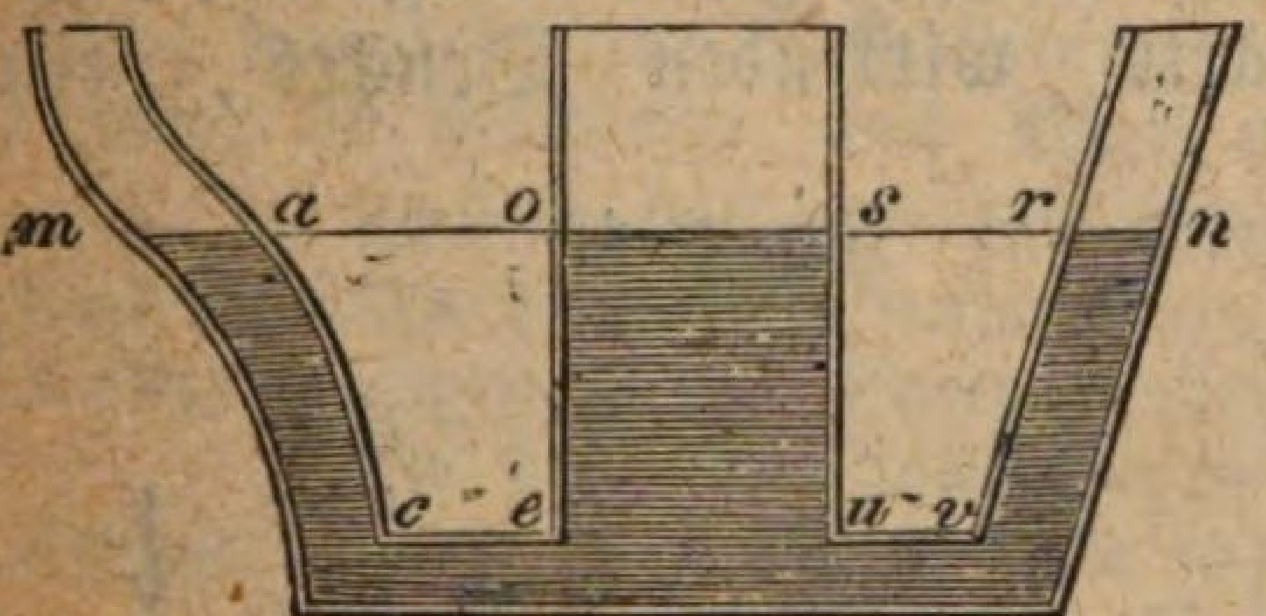
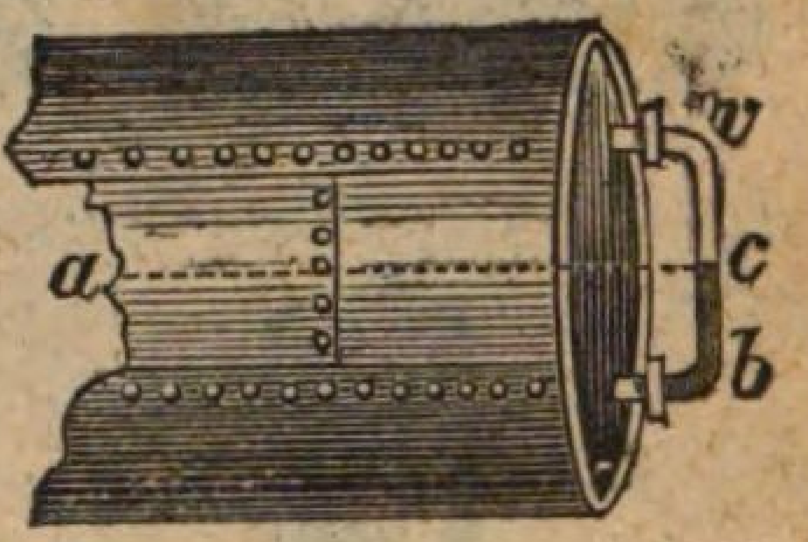


Fig. 199.

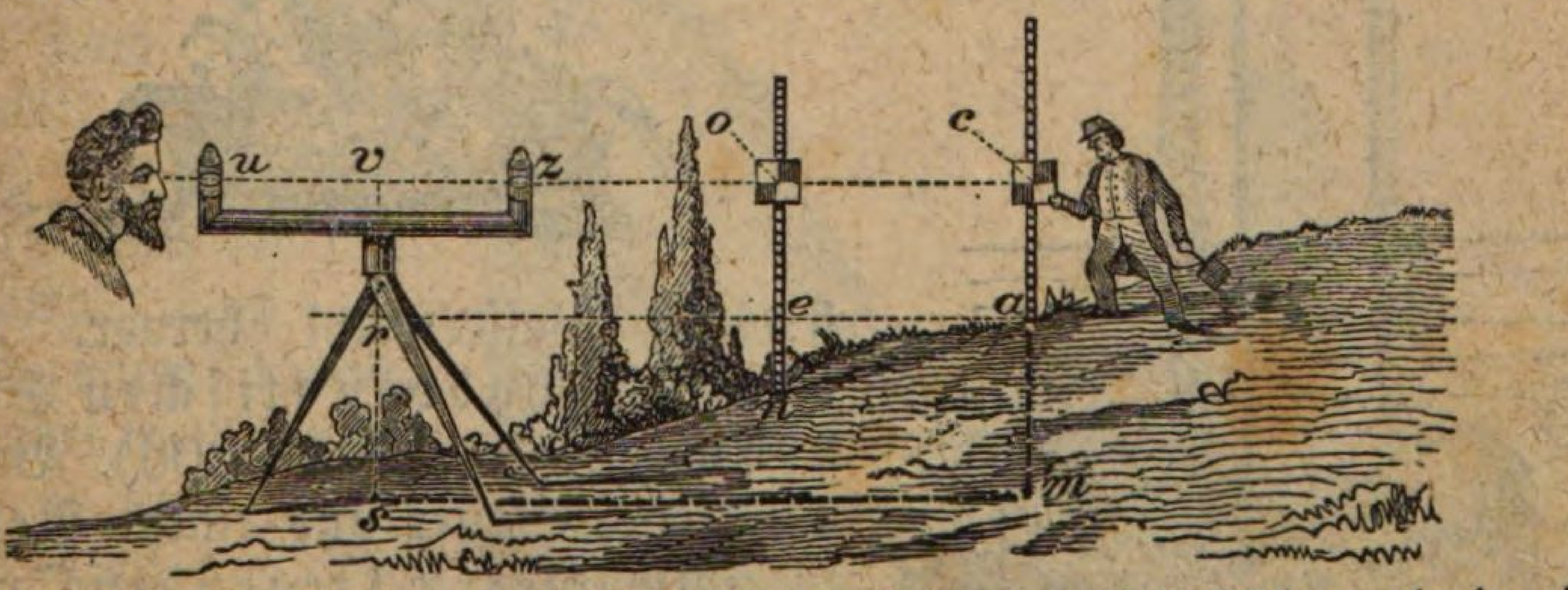


Beispiele und Anwendungen. 1. Das Wasser in dem undurchsichtigen Kessel (Fig. 199) steht gerade so hoch, wie in dem Wasserstandglas vb.

2. Mittelst eines bei v offenen Glasrohres kann man undurchsichtige Gefäße bis zu einer bestimmten Höhe füllen.

3. Die „Grundwässer", auf welche man beim Tiefgraben stößt, communiciren vermittelst unterirdischer Spalten mit Flüssen, Seen rc.; daher ihr Sinken und Steigen. Unsteter Wasserstand der Brunnen in der Nähe großer Gewässer.

Fig. 200.



4. Wenn der Wasserstand im Flußbette durch längere Zeit höher als in einem nahen Kellerboden ist, so füllt sich der Keller mit Wasser bis zur Höhe der Flüssigkeit im Strombette; wie so?

5. Bei der Canal- und Nivellirwage (Fig. 200) liegen die Oberflächen u und z des Wassers in einer wagrechten Ebene. Es ist also eine über dieselben abgesehene Gerade uc stets wagrecht. Mißt man ca und vs, so ist der Höhenunterschied am=cm—ca=vs—ca.

294. Communicationsgefäße mit ungleichen Armen. Jeder kürzere, geschlossene Arm eines Communicationsgefäßes hat einen Druck nach aufwärts auszuhalten, welcher um so bedeutender ist, je weiter der kürzere Schenkel und je höher die Wassersäule im längeren Arme ist.

Fig. 201.

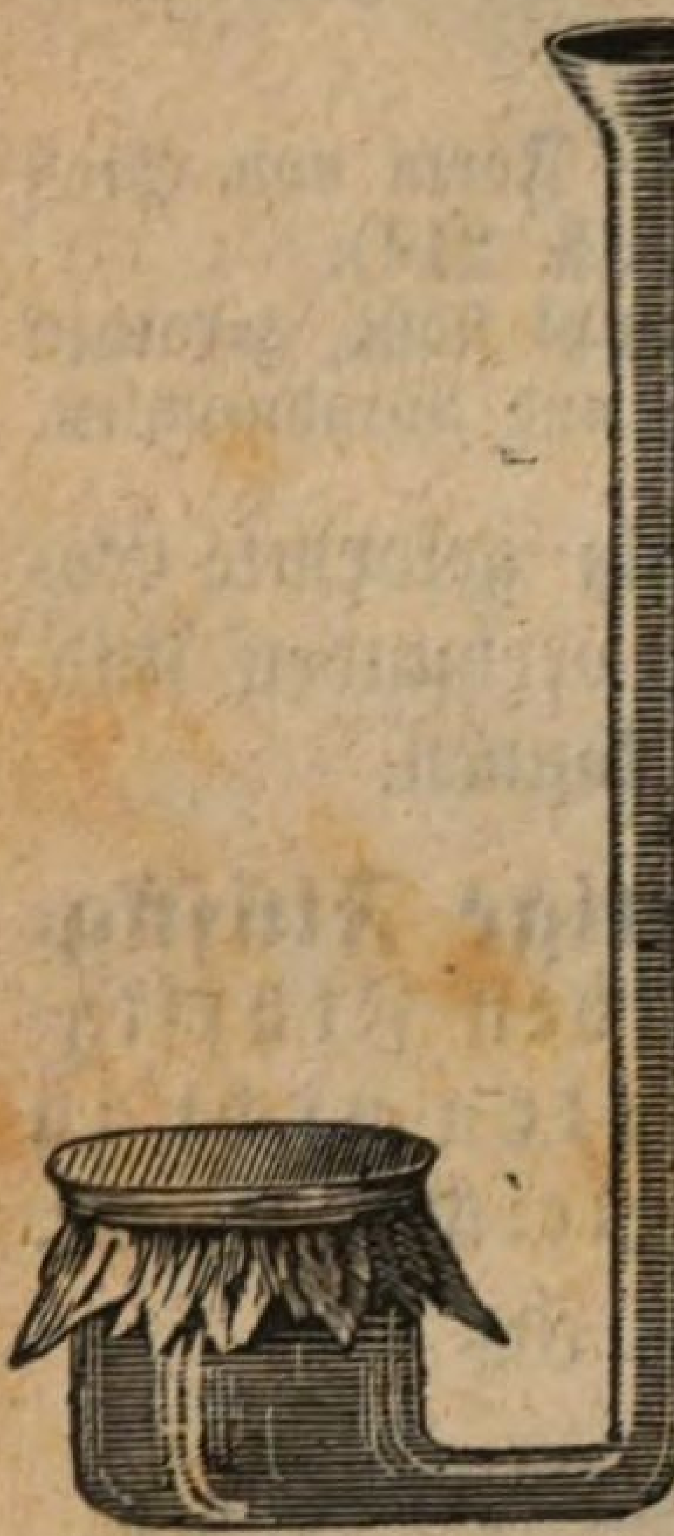
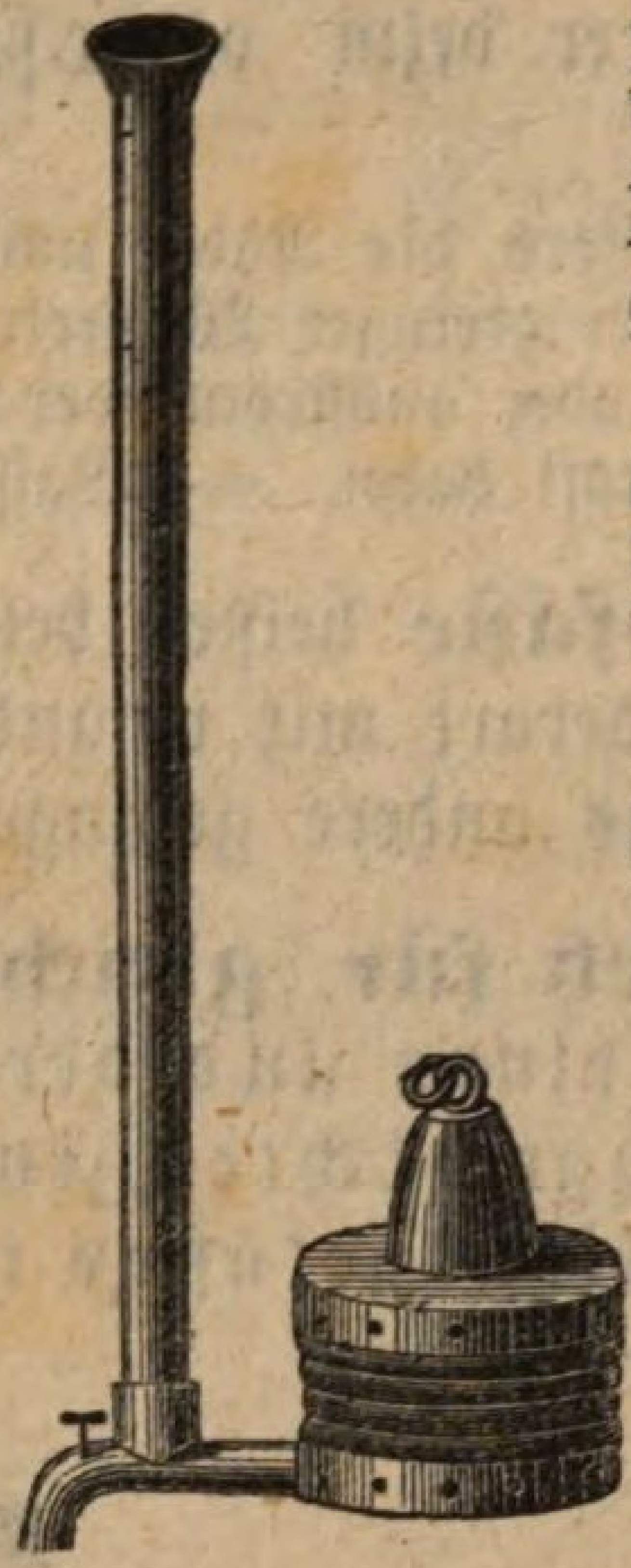


Fig. 202.



1. Bei dem anatomischen Heber (Fig. 201) wird eine Thierblase durch eine hohe, schmale Wassersäule so gespannt, daß ihr Gewebe sehr kenntlich wird.

2. Beim hydrostatischen Blasebalg (Fig. 202) kann man den belasteten Deckel durch Wasserdruck heben.

295. Hydrostatische Springbrunnen. Durchsticht man (Fig. 201) den geschlossenen, kürzeren Arm eines Communicationsgefäßes, so springt, vermöge des nach aufwärts wirkenden Druckes, ein

Fig. 203.

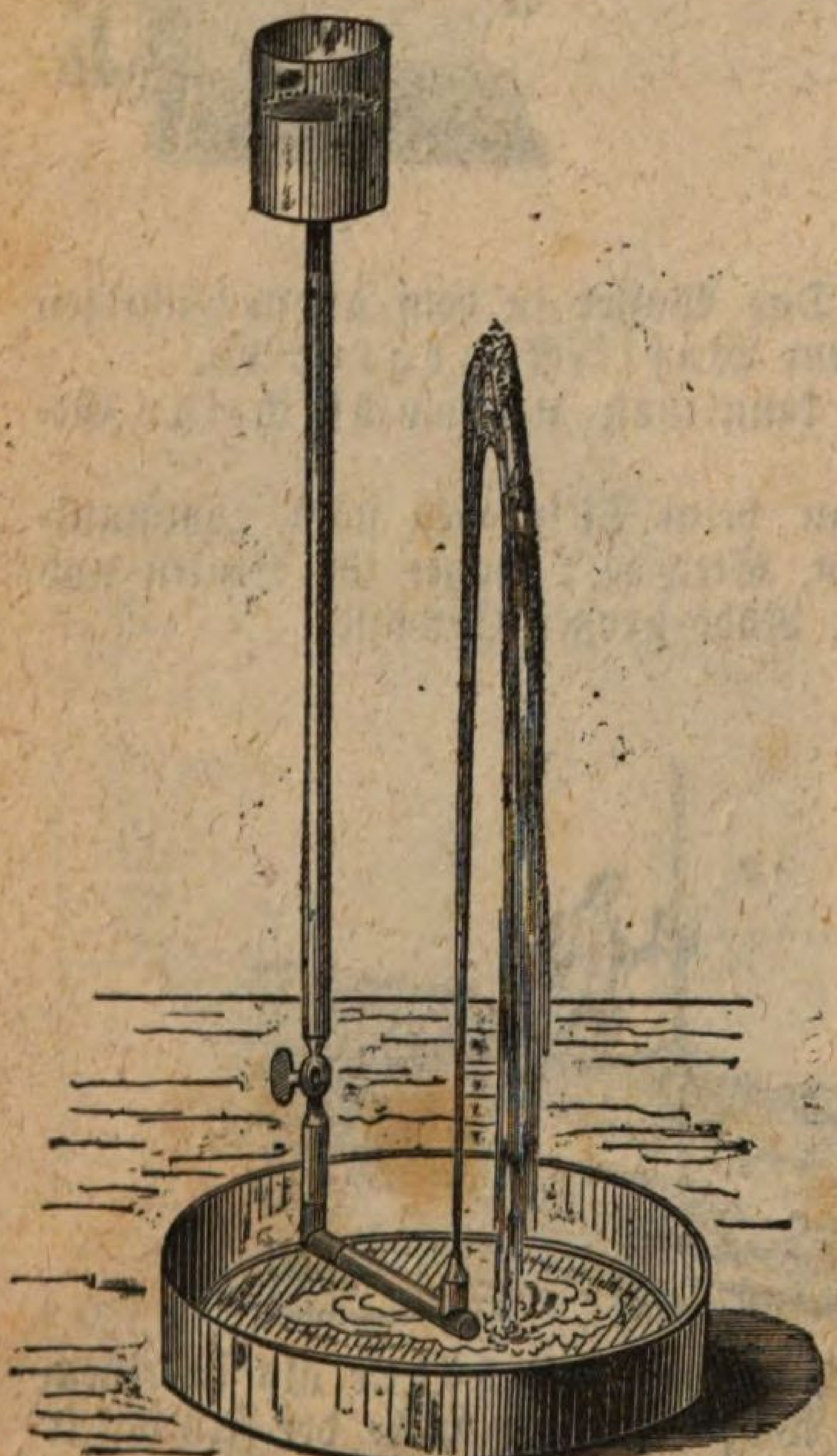
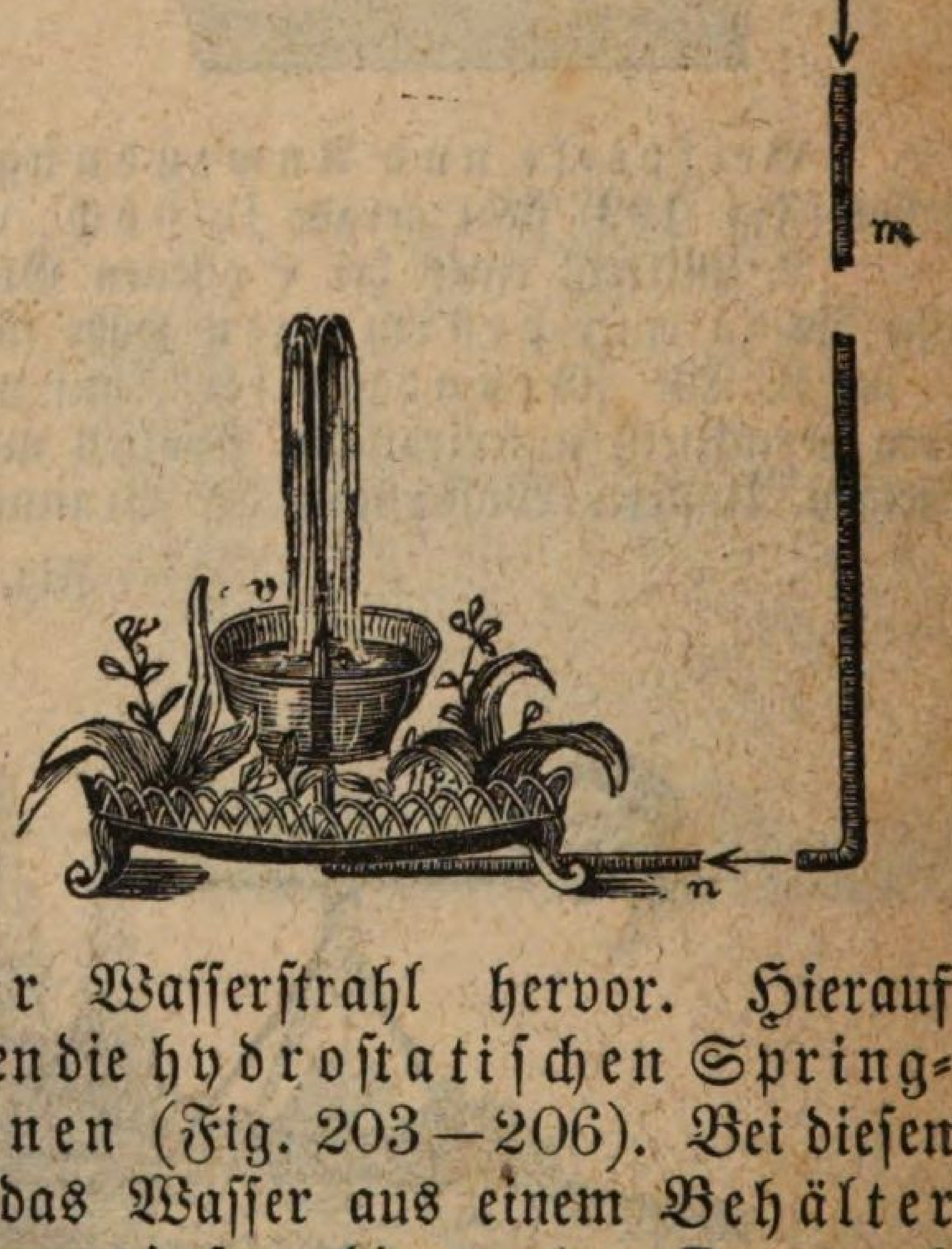


Fig. 204.



hoher Wasserstrahl hervor. Hierauf beruhen die hydrostatischen Springbrunnen (Fig. 203—206). Bei diesen wird das Wasser aus einem Behälter zu einem tiefer liegenden Orte durch Röhren geleitet. Hier versieht man letztere mit einer engen Sprungöffnung,

durch welche sich das Wasser, bis zu der Höhe des Wassers im Behälter, zu erheben sucht.

Wegen des Widerstandes der Luft, wegen der Reibung und Adhäsion an der Röhre erreicht der Wasserstrahl diese Höhe nicht.

Fig. 206.

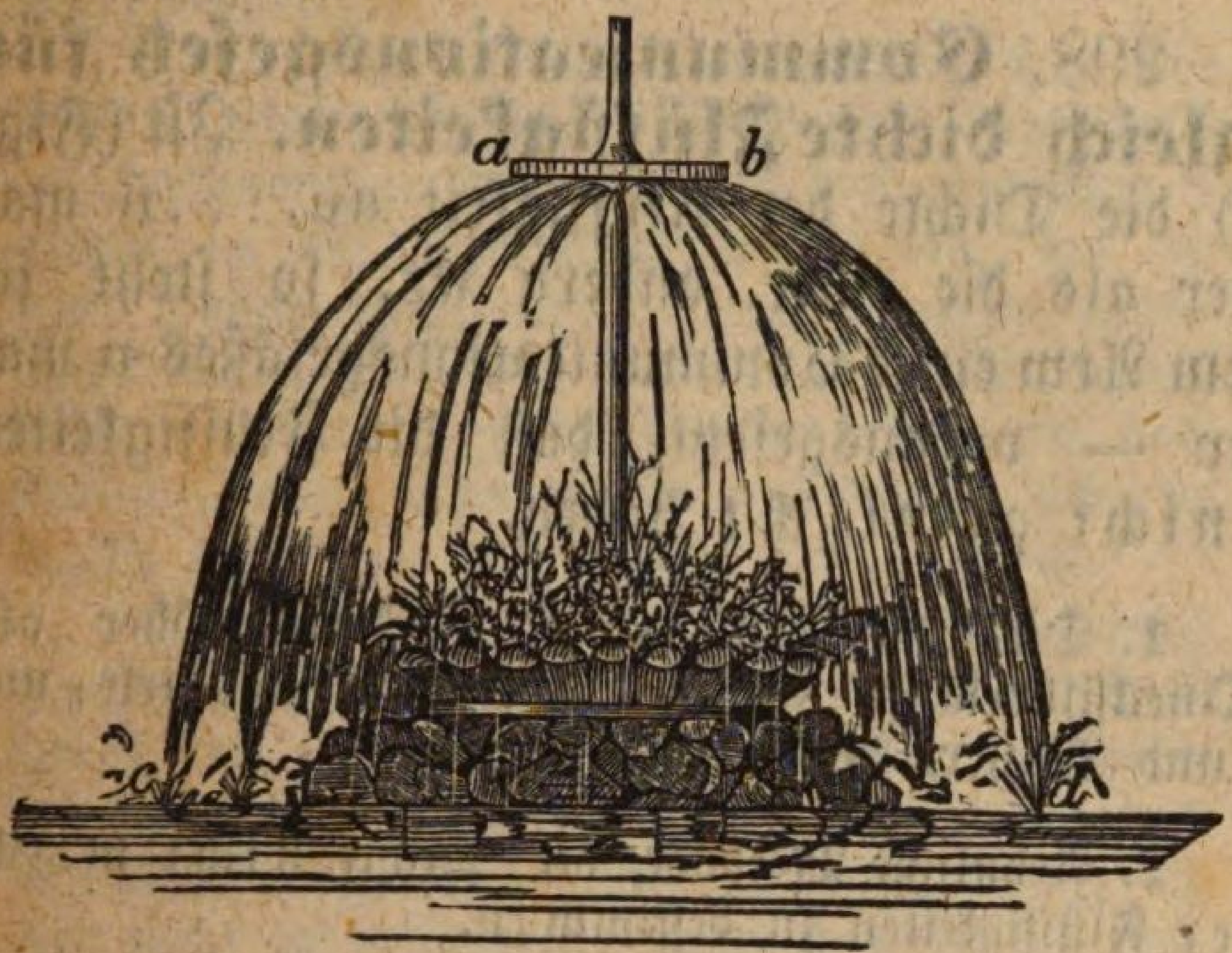
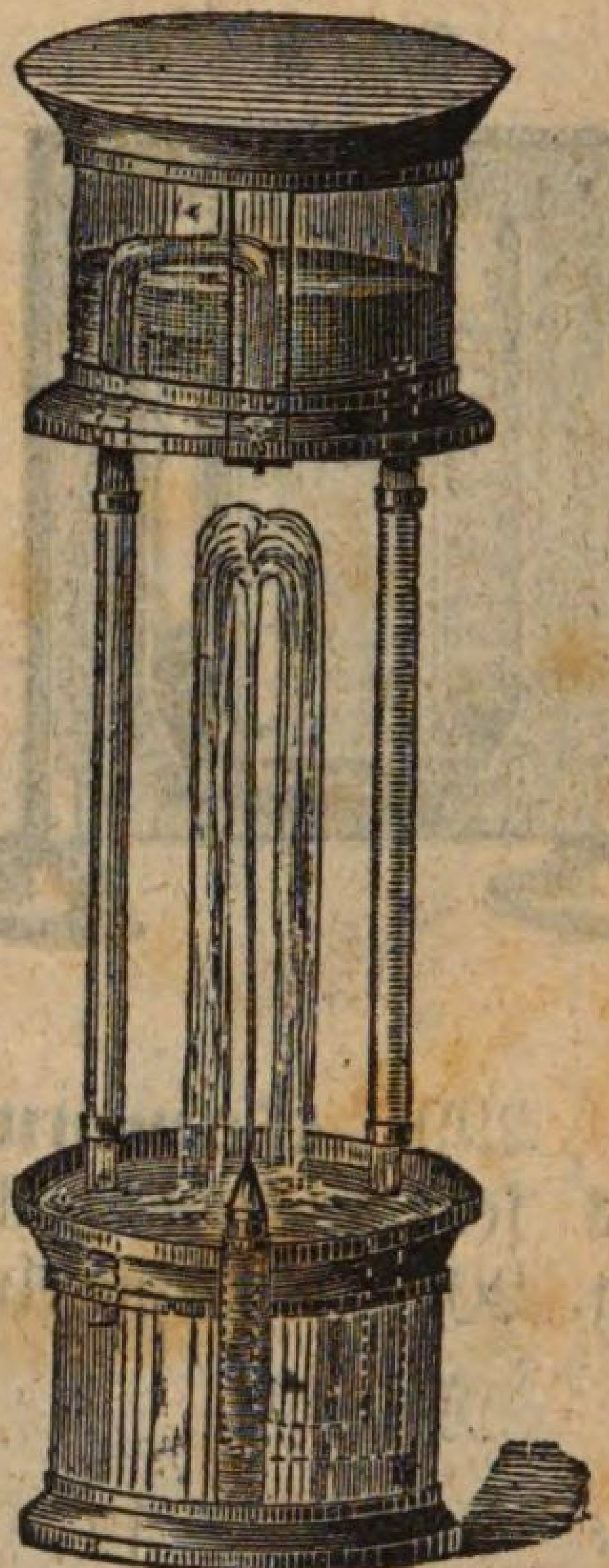


Fig. 205.



1. Bei den Wasserleitungen wird das Wasser aus einem Flußbette durch Druckwerke oder aus Hochquellen in einen hoch gelegenen Behälter getrieben, und von hier in die Brunnen der Stadt geführt. — Ferdinands-Wasserleitung in Wien. — Die Wasserleitungen in Rom; die projectirte Wasserleitung vom Kaiserbrunnen bei Reichenau nach Wien u. dgl. m.

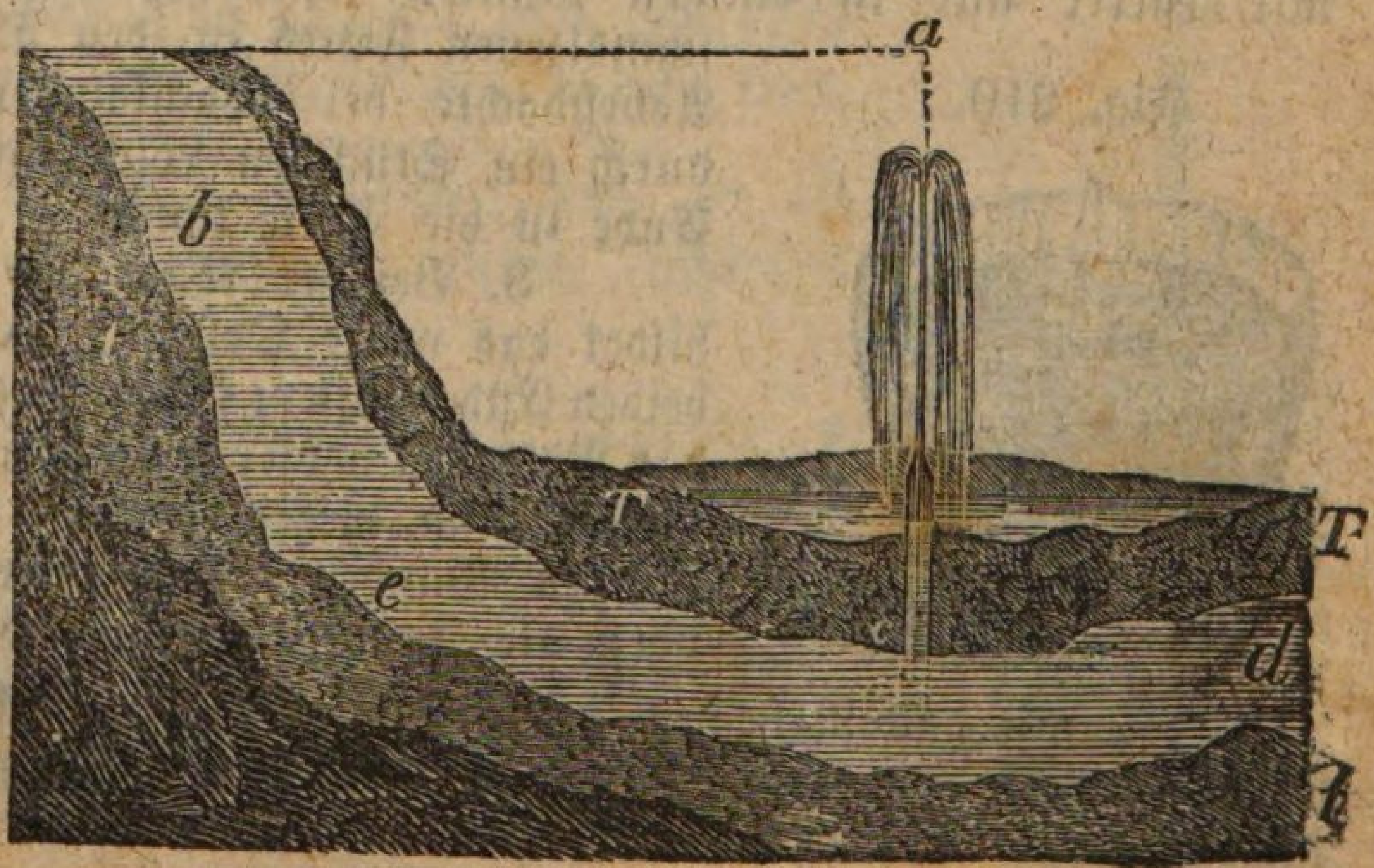
2. Kann das Wasser auch über Erhöhungen geleitet werden und scheint es dann nicht zuweilen bergan zu laufen? — Springbrunnen für Festsäle. — Auslaufbrunnen in Gebirgsgegenden. — Springstrahlen, welche Figuren aus Dünnblech heben.

3. Ein doppelter hydrostatischer Springbrunnen (Fig. 205) liefert auch beim Umkehren einen Wasserstrahl; wie so?

4. Stößt (Fig. 206) ein Wasserstrahl gegen eine Platte ab, so breitet er sich, vermöge der Adhäsion, an derselben aus und bildet eine Glockenform acd. — Sturzformen mit Blumen darunter (Fig. 206). — Derartige Bespritzvorrichtungen für Rasenplätze 2c.

296. **Die artesischen Brunnen** (Fig. 207) sind natürliche hydrostatische Springbrunnen. Das Regenwasser dringt in die poröse Sandschichte bd, sickert zu der am tiefsten gelegenen Stelle c durch, wo es sich nach b und d ansammelt, wenn wasserdichte Thonschichten das Entweichen des Wassers sowol nach oben als nach unten hindern. Durchbohrt man den Boden bei c, so muß sich hier das Wasser (§. 295) nahezu bis zur Höhe a erheben.

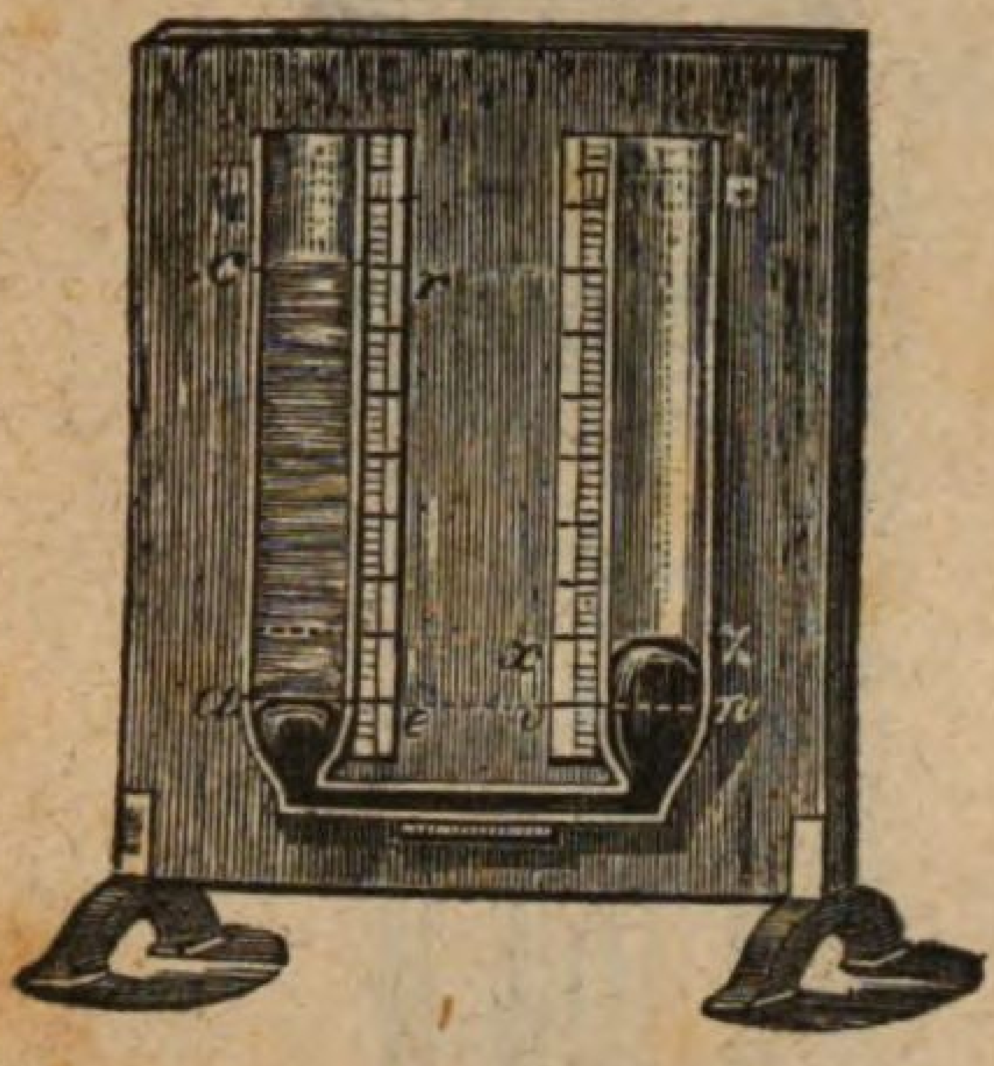
Fig. 207.



Die Bohrbrunnen sind eine alte Erfindung und waren in Asien und Afrika früher als in Europa bekannt. In der Provinz Artois in Frankreich werden sie häufig angelegt und daher der Name artesische Brunnen.

297. **Quellen.** Findet sich (Fig. 207) irgendwo, z. B. bei e eine für das Wasser durchdringliche Stelle, so bricht es als Quelle hervor.

Fig. 208.



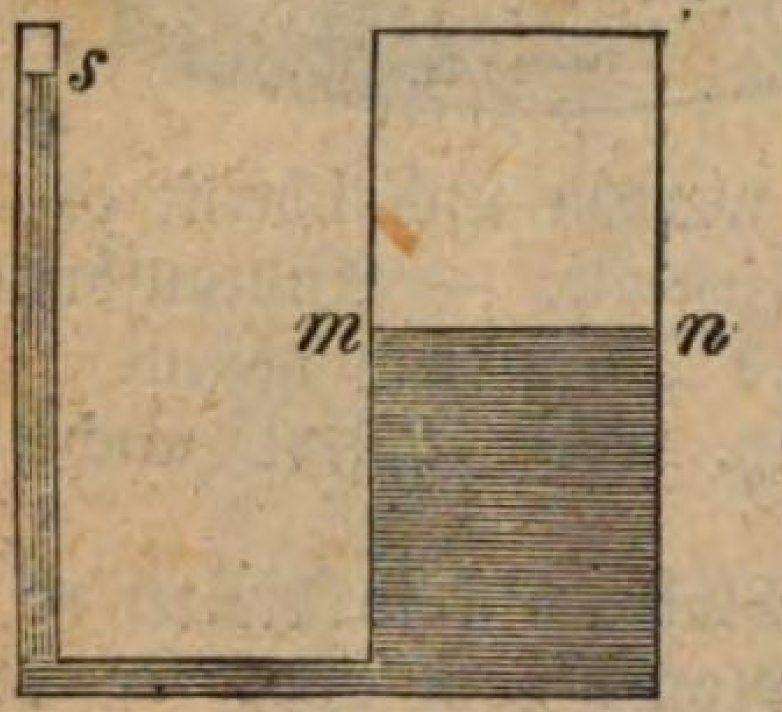
298. **Communicationsgesetz für ungleich dichte Flüssigkeiten.** Ist (Fig. 208) die Dichte der Flüssigkeit ac....n mal kleiner als die einer andern wz, so steht sie in dem Arm eines Communicationsgefäßes n mal höher — vorausgesetzt, daß die Flüssigkeiten sich nicht gemischt haben.

1. Die Wassersäule ac ist 13·6 mal höher als die Quecksilbersäule wz. — Aehnliche Beispiele mit Oel und Wasser, Aether und Wasser.

2. Aehnliche Methode, die Dichte nicht mischbarer Flüssigkeiten zu bestimmen.

299. **Communicationsgesetz für Haarröhrchen.** Ein jedes sehr enge Röhrchen heißt Haar- oder Capillarröhrchen. Ist (Fig. 209) der eine Arm eines Communicationsgefäßes ein Haarröhrchen, und wird seine Wand von der im Gefäße befindlichen Flüssigkeit benetzt, so steht sie im Capillarrohr höher (Fig. 209) als im weiten Arme.

Fig. 209.



Auf gleiche Weise verhält es sich, wenn man ein sehr enges Röhrchen in eine Flüssigkeit taucht.

Wird die Wand nicht benetzt, so liegt die Flüssigkeit tiefer, als im weiten Arme.

Die Ursache dieser Erscheinungen heißt Capillarität.

Beispiele. 1. Wasser und Weingeist stehen in einem gläsernen Haarröhrchen höher als im weiten Arm; Quecksilber tiefer. Wird ein 2-, 3-, 4mal engeres Röhrchen in die genannten Flüssigkeiten getaucht, so liegen dieselben 2-, 3-, 4mal beziehungsweise höher oder tiefer als im weiten Röhrchen.

2. Nun erklärt sich die Erhebung der Caffeeflüssigkeit in den Zucker, den man mit ersterer nur in einigen Punkten in Berührung bringt; das Aufsteigen des geschmolzenen Fettes in den Docht der Kerze (Bimsstein- oder Asbestdochte bei Wachlampen), das Auffangen der Tinte durch ein Stückchen Löschpapier, welches man nur mit einem Ende in die Tinte taucht u. a. m.

Fig. 210.



3. Bei der Nachtlampe ohne Docht (Fig. 210) bildet das weite Oelgefäß A den einen Arm und das an beiden Enden offene Glasröhrchen a den zweiten Arm. Weil das Röhrchen a kürzer ist als die Höhe des Oeles im weiten Gefäß, und wegen der Haarröhrchenwirkung an den inneren Wänden des Röhrchens a, tritt das Oel bei letzterem oben als Tropfen heraus, wo es angezündet wird.

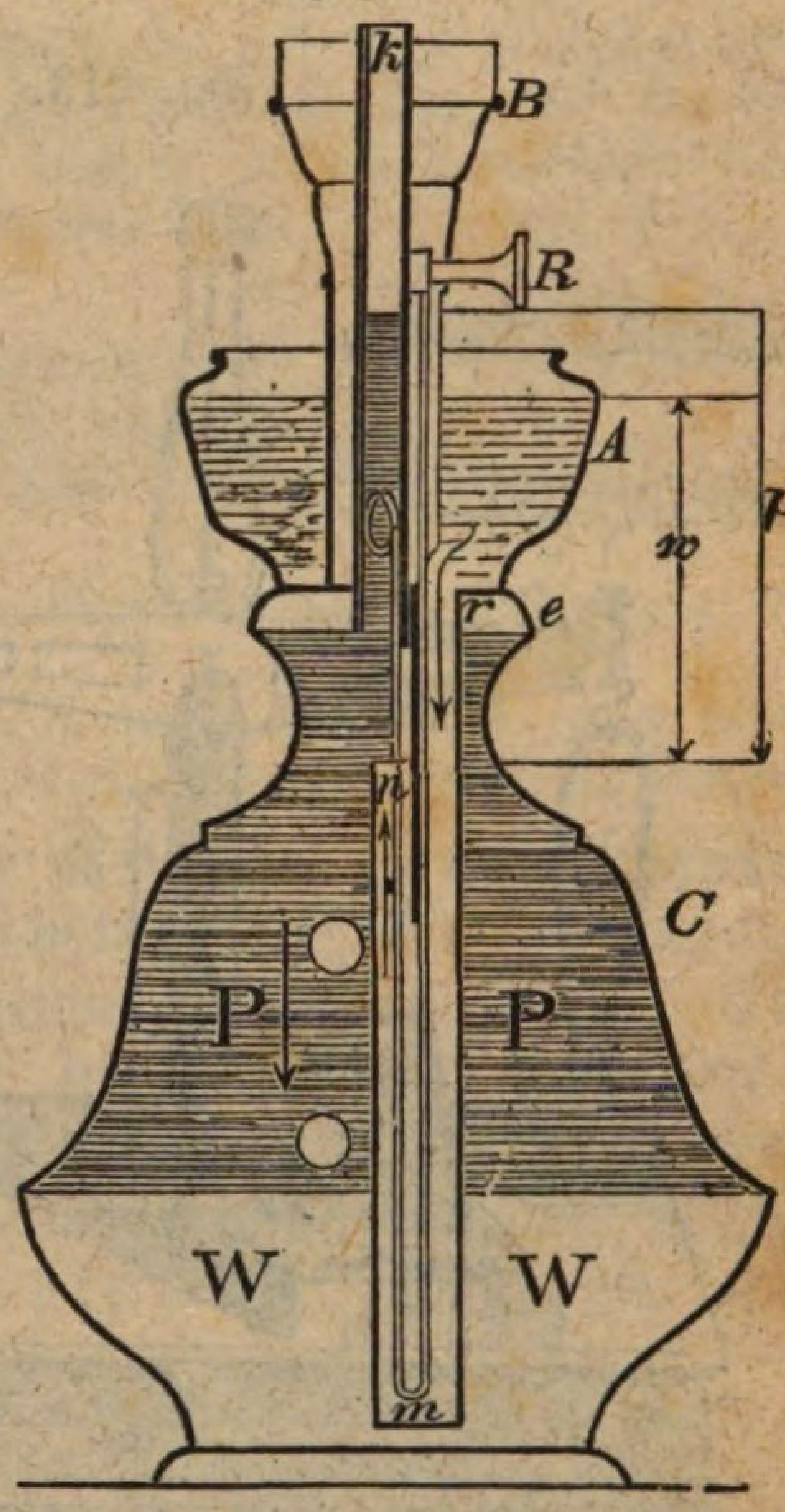
Damit das Röhrchen immer an der Oberfläche des Oeles schwimmen könne, geht es durch die Mitte eines metallenen Schälchens. Warum sinkt letzteres nicht unter?

4. Die gewöhnlichen hydrostatischen Lampen mit höher liegendem Oelbehälter beruhen auf den vereinigten Gesetzen der Communication für weite und sehr enge Röhrchen; wie so? — Beschreibung der älteren Studirlampe, der Küchenlampe.

5. Weil die Saughöhe des Dochtes für Alkohol, Petroleum, Ligroin und andere leicht verdampfbare Brennstoffe bedeutender als für die vegetabilischen fetten Oele ist; so genügt für die ersteren Stoffe das bloße Eintauchen der Docht, daher sind Weingeist- und Petroleumlampen so einfach gebaut. — Beschreibung einer gewöhnlichen Petroleumlampe.

6. Güntners ungefährliche Petroleumlampe (1865). Das mit Wasser gefüllte Gefäß A (Fig. 211) steht durch das Rohr rmn mit dem Oelbehälter C in Verbindung. Vermöge des hydrostatischen Druckes wird das Petroleum nach aufwärts in die Dochtröhre k gehoben, wo es vom Dochte aufgesaugt und der Flamme zugeführt wird. Für jeden verbrauchten Oeltropfen tritt ein gleich großer Wassertropfen in das Gefäß C ein. Das Spiel wiederholt sich so lange, als in A noch Wasser enthalten ist.

Fig. 211.



a) Bei den gewöhnlichen Petroleumlampen dringt in den Oelbehälter Luft ein und bildet mit den Petroleumdämpfen ein explosives Gemenge, welches sich beim Ueberhitzen des Brenners entzünden kann. Die Explosion ist hier nicht zu befürchten, indem das Steinöl von der Flamme entfernt und die Dochtröhre mit dem ölgetränkten Dochte stets von kaltem Wasser umgeben ist.

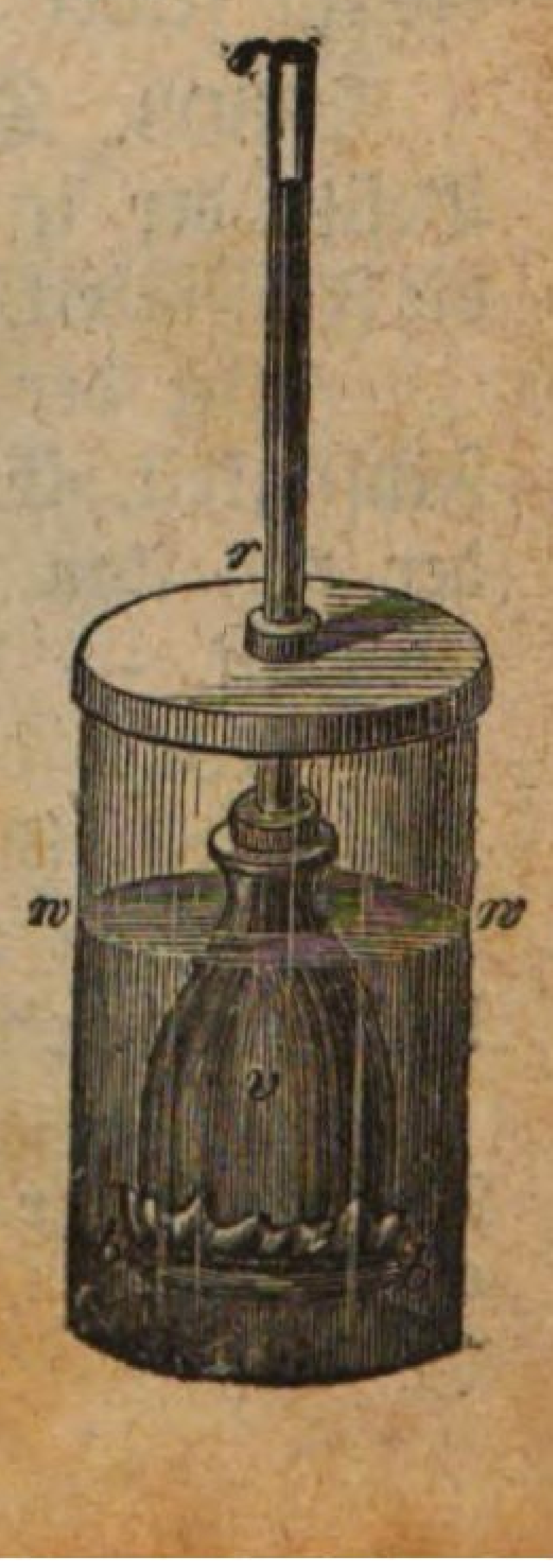
b) Der üble Geruch der Lampe ist vermieden, weil das Petroleum im Gefäß nicht abdunsten kann und jenes im Dochte vollkommen verbrannt wird.

c) Warum erlischt die Flamme sofort beim Umfallen der Lampe?

d) Warum steigt das Petroleum höher, als die Wasserfläche in A ist? (§. 298, 299).

300. **Die Endos- und Exosmose.** Man gieße in das Glas v (Fig. 212), welches einen Boden aus einer gespannten Thierblase besitzt, eine gesättigte Kupfervitriolauflösung. Das Glas v bringe man derart in das mit Wasser gefüllte Gefäß w, daß beide Flüssigkeiten gleiche Höhe haben. Nach 24 Stunden steht die Flüssigkeit im Gefäße v viel höher als früher, derart, daß sie sogar in die Röhre r gestiegen ist. Es muß folglich das Wasser des Gefäßes w in größerer Menge durch die Blase gedrungen sein.

Fig. 212.



Allein auch die Flüssigkeit des Gefäßes w ist zum Wasser durch die Blase gegangen; denn letzteres ist bläulich gefärbt.

Die Zunahme der Flüssigkeit im Gefäße v heißt Endosmose; die Abnahme der Flüssigkeit im Gefäße w heißt Exosmose.

Die Endosmose dient zur Erklärung des Aufsteigens der Säfte in den Pflanzen- und Thierorganismen.

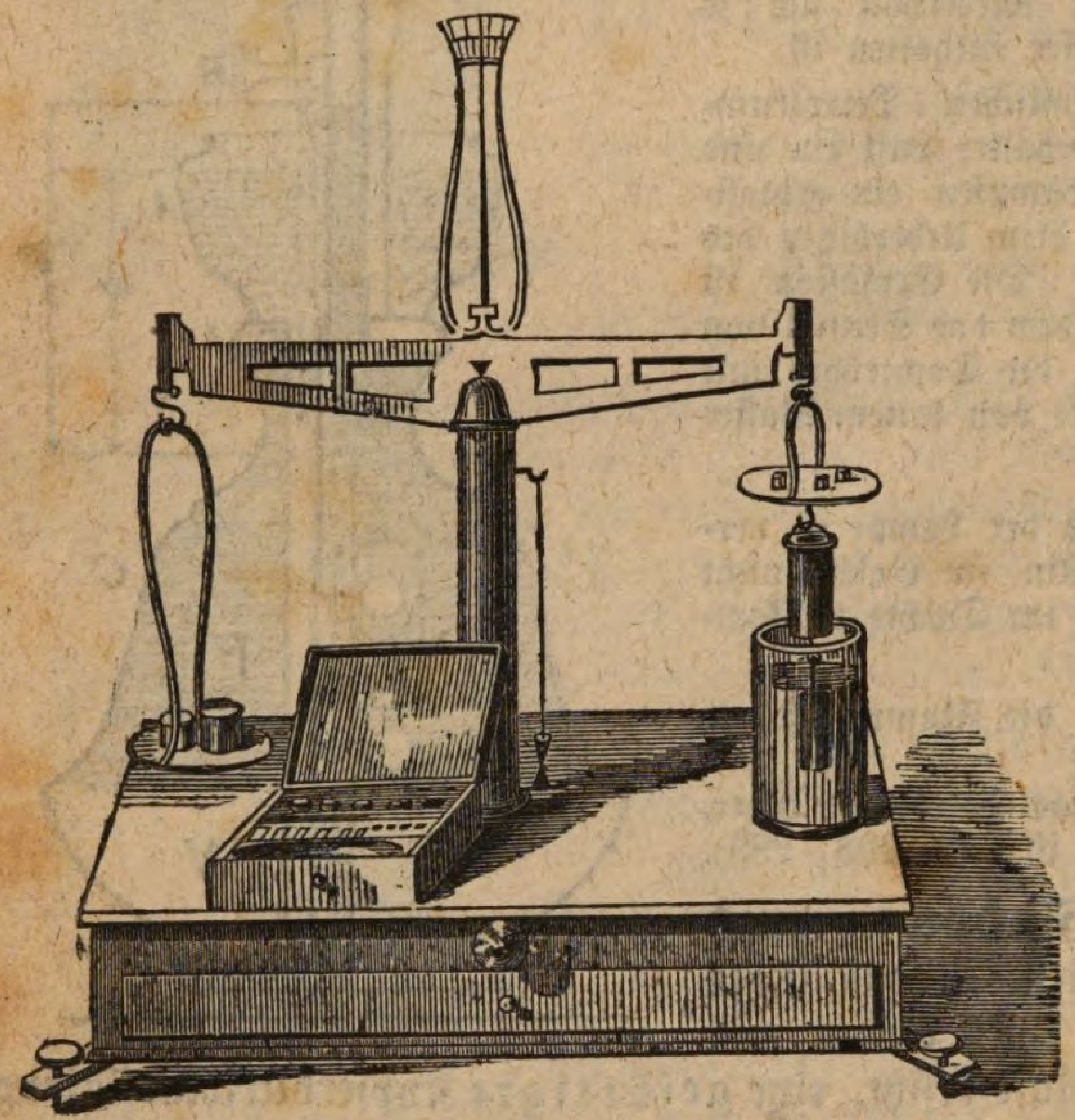
Von Parrot 1811 entdeckt und vielfach studirt.

301. **Hydrostatische Wage** heißt eine sehr richtige und recht empfindliche Schalenwage, welche (Fig. 213) Wägungen von Körpern, die in Wasser oder andere Flüssigkeiten getaucht sind, gestattet.

302. **Das Archimed'sche Gesetz.** Jeder in einer tropfbaren Flüssigkeit eingetauchte Körper verliert scheinbar von seinem Gewichte so viel, als die Flüssigkeitsmenge wiegt, welche er aus ihrer Stelle verdrängt hat.

Archimedes 250 v. Chr.

Fig. 213.



Man befestigt (Fig. 213) an der kürzer aufgehängten Wagschale einen hohlen Messingcylinder und an letzterem einen massiven Messingcylinder, welcher genau in jenen hohlen paßt. Dann wird tarirt, bis die Zunge lothrecht steht.

Sobald man den massiven Cylinder in's Wasser senkt, neigt sich der andere Arm, wodurch der scheinbare Gewichtsverlust dargethan ist. Wenn man hierauf den hohlen Cylinder mit Wasser voll füllt, legt sich der Wagebalken wieder wagrecht und der massive Messingcylinder taucht, bei passender Regulirung der Wasserhöhe, bis zu seiner Decke im Wasser.

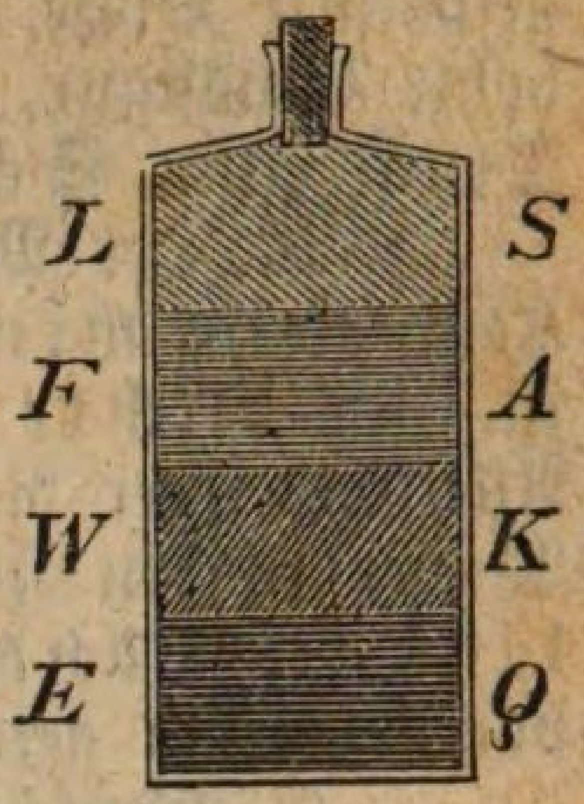
303. **Das Schwimmen und Untersinken der Körper.** Besitzt der in eine Flüssigkeit getauchte Körper die nämliche Dichte wie die Flüssigkeit, so wird er an jeder Stelle in der Flüssigkeit schwimmen.

Ist der eingetauchte Körper minder dicht als die ihn umgebende Flüssigkeit, so wird er in der Flüssigkeit so lange steigen, bis das Gewicht der von ihm verdrängten Flüssigkeit nicht mehr größer ist, als sein Gewicht. — Der Körper schwimmt auf der Flüssigkeit.

Wäre die Dichte des eingetauchten Körpers größer als jene der Flüssigkeit, in welche er taucht, so müßte er in der Flüssigkeit sinken. Denn, wenn man seinen Gewichtsverlust von seinem Gewichte abzieht, so bleibt noch ein Gewicht übrig, und mit diesem fällt er zu Boden.

Beispiele. 1. Bei der sogenannten Elementarwelt (Fig. 214) lagern sich, selbst nach der stärksten Durchschüttelung, von oben gegen unten: Schwefeläther oder Petroleum, gefärbter Weingeist, zerflossenes kohlensaures Kali und Quecksilber.

Fig. 214.

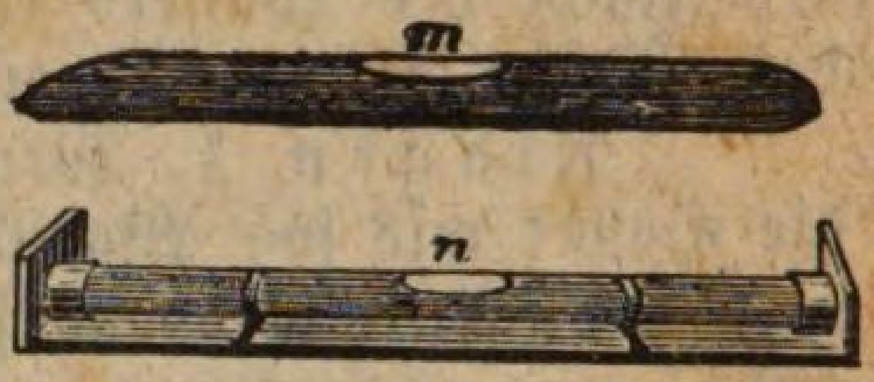


2. Diese Elementarwelt hatte ehedem die 4 Elemente, aus welchen alles auf Erden bestehen sollte, zu versinnlichen. Der dichteste Körper hatte „Erde" vorzustellen, der oberste „Luft"; der brennbare Weingeist „Feuer" und der zweitdichteste Stoff „Wasser". Heute zählt man 65 einfache Materien, Grundstoffe oder Elemente.

3. Setzt man auf den Boden eines mit Wasser gefüllten Glases ein Fläschchen, welches gefärbten Weingeist oder rothen Wein enthält; so wirbeln dieselben zur Oberfläche des letzteren. — Wasser mit Aether an der Oberfläche, den man färbt oder anzündet (§. 47). — Schwarzer Caffee mit brennendem Rum an der Oberfläche.

4. Befindet sich in einem Gefäße eine Luftblase und eine tropfbare Flüssigkeit, so nimmt erstere stets die höchste Stelle ein. Hierauf beruht (Fig. 214) die Wasserwage oder Libelle, d. i. eine cylindrische, äußerst schwach gekrümmte, geschlossene Glasröhre, welche Wasser oder Weingeist und eine Luftblase enthält.

Fig. 215.



Wird die Libelle, mit der hohlen Röhrenwand nach unten, auf eine Ebene gestellt, so liegt letztere wagrecht, wenn die Luftblase den Mittelpunkt d. i. den höchsten Ort in der Röhre einnimmt.

Fragen. 1. Warum kann man unter Wasser Gewichte fortbringen, die man in der Luft nicht tragen könnte?

2. Der Eimer eines Brunnens läßt sich, so lange er sich noch unter dem Wasser befindet, leicht heraufziehen; hingegen schwer, sobald er dasselbe verläßt; warum?

304. **Ursprünglich dichtere Körper zum Schwimmen zu bringen.** Ein Körper, der schwimmen soll, muß minder dicht als die Flüssigkeit sein, in welche er getaucht wird (§. 303). Es lassen sich jedoch auch Körper, die von Natur viel dichter sind, als die sie umgebende Flüssigkeit, in dieser zum Schwimmen bringen, wenn man sie hinreichend hohl macht, oder mit einer genügend großen Masse eines Stoffes, welcher minder dicht als die Flüssigkeit ist, verbindet.

Beispiele.

1. Leere (?), verpfropfte Flaschen treiben auf dem Wasser. Derartige Schiffsnachrichten. — Dampfschiffe aus Eisenplatten.

2. Leere (?), verschlossene Hohlkörper z. B. Fässer, aufgeblasene Kautschuksäcke, befestigt man an versunkene Schiffsgüter, um sie an die Wasserfläche zu heben.

3. Bei dem Baue der Rettungsboote werden größere, hohle, wasserdichte Gefäße aus Metallplatten und bedeutende Massen Kork so verwendet, daß die Boote noch schwimmen, wenn sie auch mit Wasser voll sind.

Fig. 216 a.

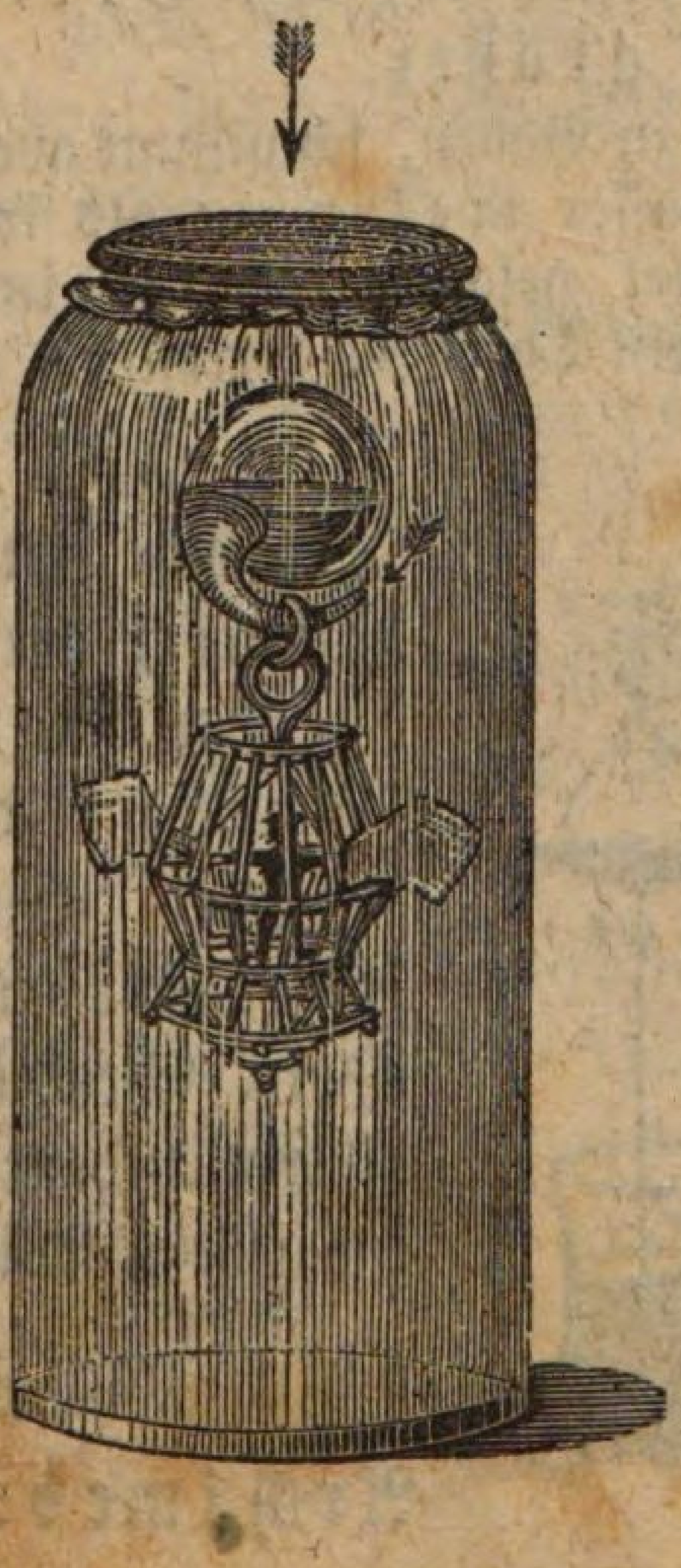


Fig. 216 b.



4. Der Cartesianische Taucher. Drückt man (Fig. 216 a und b) auf die gespannte Blase, mithin auf das Wasser, so dringt dieses durch die Oeffnung in die hohle Glasfigur, wodurch sie schwerer, also zum Untersinken oder, bei kleinerem Drucke, zum Schweben gebracht wird.

5. Der Mensch besteht aus Theilen, die theils dichter, z. B. die Beine, der Kopf, theils minder dicht, z. B. das Fett, als das Flußwasser sind. Im Durchschnitt ist seine Dichte etwas geringer als die des Wassers; er schwimmt daher im Wasser. Allein weil er bis über den Mund und die Nase einsinkt, so dringt beim Einathmen Wasser in den Körper, wodurch er untersinkt. Legt der Mensch den Kopf zurück, und läßt die Hände im Wasser, so bleibt das Gesicht vom Wasser frei, und er wird von letzterem getragen.

6. Menschen mit geringerer Knochenmasse (Kinder) und viel Fett (Frauen) schwimmen leicht. — Untersinkende und bis zur Brust eintauchende Menschen. Zu letzteren gehörte der Wasserkünstler Paolo Moccia 1767 in Neapel.

7. Der Leib von Ertrunkenen wird durch die bei der Fäulniß sich entwickelnden Gase derart aufgetrieben, daß er nach einigen Tagen scheinbar von selbst an die Oberfläche des Wassers kommt. Hier setzt sich die Fäulniß fort, bis der Körper berstet; das Wasser dringt ein, und der Körper sinkt für immer unter.

Fragen. 1. Wenn der Druck nachläßt, so steigt der cartesianische Taucher in die Höhe; wie so? Warum dreht er sich dabei? Segner's Rad.

2. Auf welchem Principe beruhen die Schwimmblasen, ferner die Schwimmgürtel und Schwimmpanzer aus Korkholz oder hohlen, wasserdichten Stoffen? Warum müssen sie am oberen Theile des Körpers umgebunden werden? Das Schwimmen der Wasserthiere?

3. Ist es leichter im Meere oder im Flusse zu schwimmen?

4. Wie so vermehren in's Wasser gefallene Personen ihre Gefahr, indem sie die Hände nach Hilfe aus dem Wasser stecken. Warum sind sie leicht an's Ufer zu ziehen?

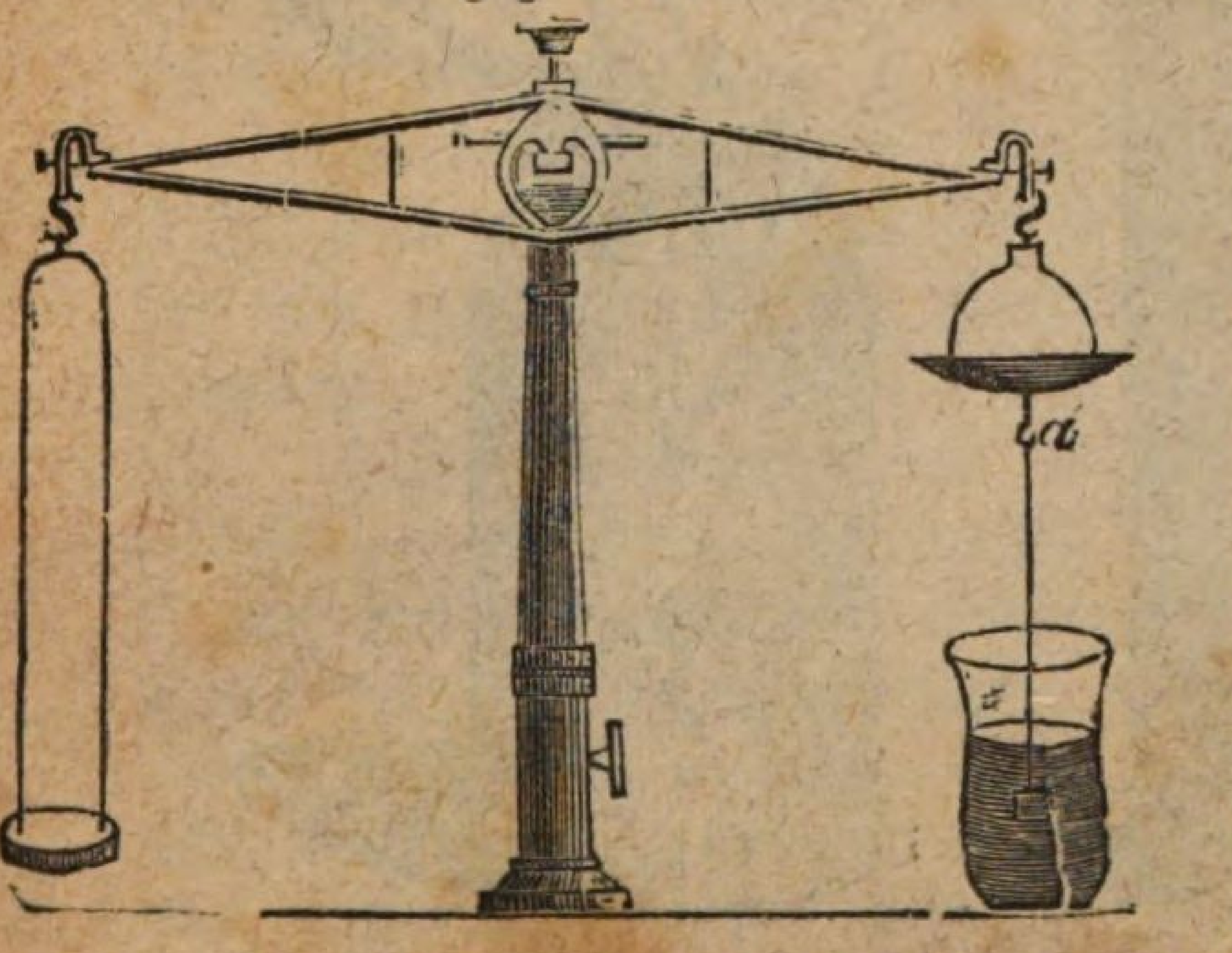
305. Stabiles Schwimmen. Man sagt, ein Körper schwimmt sicher oder stabil, wenn er, selbst nach einer starken Drehung, wieder in seine ursprüngliche Lage zurückkehrt. Ein Körper schwimmt desto sicherer, je tiefer sein Schwerpunkt liegt und je breiter der eingetauchte Theil ist.

Man bringt auf den Boden der Schiffe Steine, Sand etc. als Ballast und ladet sie überdies so, daß die dichtesten Stoffe zu unterst kommen; warum?

306. Das eingetauchte Volumen und die Dichte der Flüssigkeit. Der eingetauchte Raumtheil eines und desselben schwimmenden Körpers wird in einer 2-, 3-, 4-....nmal weniger dichten Flüssigkeit 2-, 3-, 4-....nmal größer.

1. Ein Ei sinkt im Flußwasser zu Boden, schwimmt aber im Salzwasser; warum?
2. Ein Schiff sinkt im Flußwasser tiefer ein als im Meere; warum?
3. Hat ein Schiff genau so viel geladen, als es im Meere tragen kann; so muß, bevor es in den Fluß kommt, ein Theil der Belastung abgelegt werden; warum?

Fig. 217.



307. Bestimmung der Dichte mittelst der hydrostatischen Wage. a) Für einen festen Körper. Man sucht sein Gewicht P durch gewöhnliches Abwägen. Hierauf wägt man denselben Körper (Fig. 217) im Wasser. Sein Gewichtsverlust p darin ist gleich dem Gewichte eines gleich großen Wasserkörpers. Man hat dann (nach §. 20) $D = \frac{P}{p}$. — Archimedes 250 v. Ch.

b) Für Flüssigkeiten. Man senke in die zu untersuchende Flüssigkeit einen Glastropfen von bekanntem Gewichte. Der Gewichtsverlust sei P. Dieses P ist das Gewicht eines Volumens der Flüssigkeit, welches dem Glastropfen gleich ist. Man suche nun das Gewicht p eines Volumens Wasser, welches dem Volumen der Flüssigkeit gleich ist. Dieses geschieht dadurch, daß man den Gewichtsverlust p des Tropfens im Wasser sucht. Man hat nun wieder $D = \frac{P}{p}$.

1. Das p merkt man für alle späteren Fälle an. — Statt des Glastropfens kann man auch eine hohle, etwas Quecksilber enthaltende Glaskugel nehmen.

2. Sehr viele Holzarten sind weniger dicht als das destillirte Wasser z. B. Kork $0._{24}$, Erlen trocken $0._{5}$, Eichenholz trocken $0._{65}$, Fichten lufttrocken $0._{76}$, Tannen frisch $0._{87}$, lufttrocken; $0._{48}$; hingegen sind dichter als das Wasser: Buchsbaum $1._{03}$, Steineiche trocken $1._{1}$, Eichenkern $1._{17}$, Ebenholz $1._{23}$, Guajakholz $1._{26}$. — Von den dichteren Holzarten sind auch ihre Kohlen dichter.

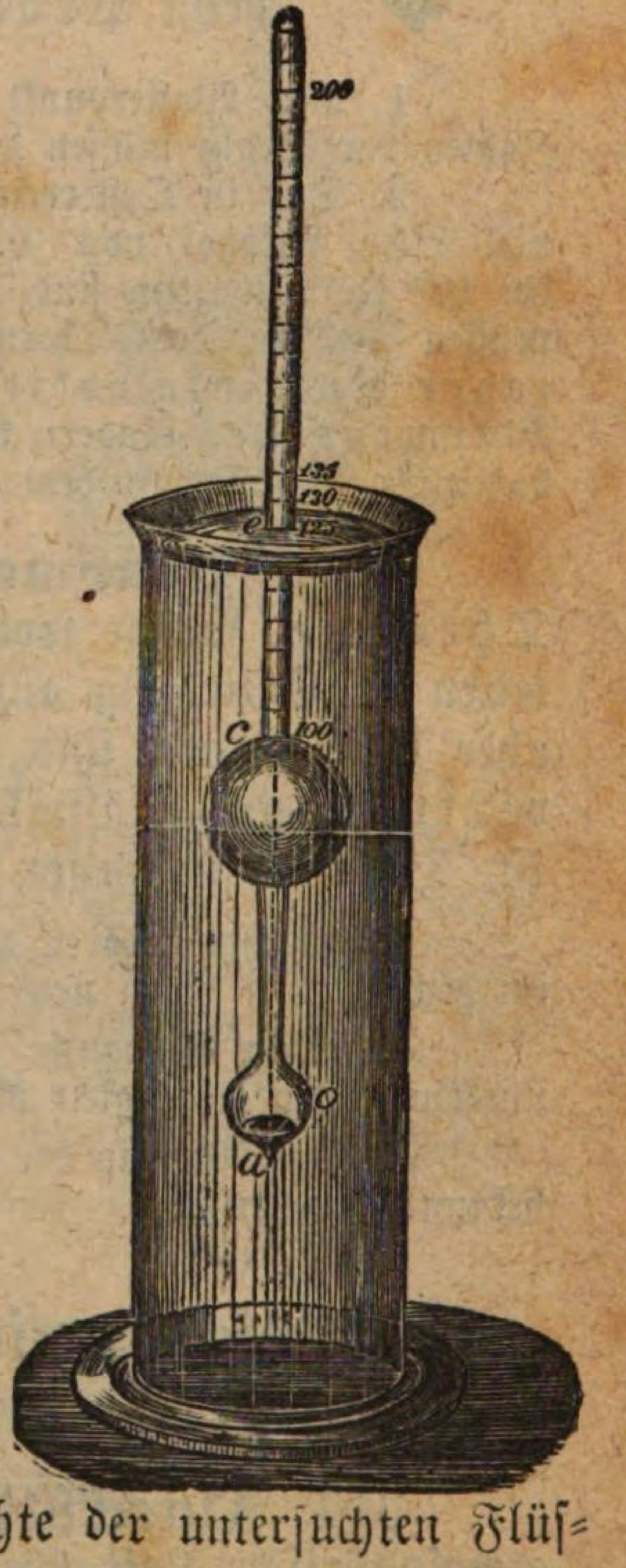
3. Weniger dicht als das destillirte Wasser sind: Eis $0._{93}$, Lithium $0._{6}$, Kalium $0._{86}$ und Natrium $0._{97}$, Bimsstein $0._{9}$.

Die Dichte der festen Fett- und Wachsarten schwankt zwischen $0._{9}$ bis $0._{97}$.

4. Dichter als das destillirte Wasser sind: Die Glassorten von $2._{4}$ bis $3._{4}$; Porcellan $2._{1}$ bis $2._{5}$; die meisten Metalle und meisten festen Mineralien, darunter Kochsalz 2, Gyps $2._{3}$ und Diamant $3._{5}$. — Dichten-Tabellen.

5. Das Gewichts-Aräometer kann hier genommen werden, wenn man es für diese Unterrichtsstufe schon für nothwendig hält.

Fig. 218.



308. **Das Scalenaräometer** (Fig. 218) ist meist aus Glas verfertigt und mit Schrott oder Quecksilber beschwert, damit es in verschiedenen Flüssigkeiten sicher schwimme. Im Wasser sinkt es bis zu einem bestimmten Punkte („Wasserpunkt") ein. In einer minder dichten Flüssigkeit als Wasser muß das Instrument tiefer sinken; in einer dichteren wird es sich heben. Man kann also ein solches Instrument anwenden, um zu untersuchen, ob eine Flüssigkeit minder dicht oder dichter als das Wasser sei. Mit Hilfe einer passenden Theilung (Scala), kann man dann auf einen numerischen Ausdruck kommen.

309. **Verschiedene Scalenaräometer.** Beim Aräometer für dünnere Flüssigkeiten bildet (Fig. 218) der Wasserpunkt den untersten, bei den anderen den obersten Punkt der Scala. Je nach der Verschiedenheit der Scala erhalten die Instrumente verschiedene Namen.

310. **Volumeter.** Ist das Rohr eines Scalenaräometers genau cylindrisch und in gleich große Grade getheilt, so heißt ein solches Instrument Volumeter. Aus seinen Anzeigen läßt sich sehr leicht die Dichte der untersuchten Flüssigkeit berechnen. — Beispiele.

Fig. 219.



311. **Dichtigkeitsmesser** heißt ein Aräometer mit einer Theilung (Scala), an welcher die Dichten um ein Gleiches abnehmend oder wachsend bezeichnet sind.

1. Die Anfertigung dieser Art Scalen ist mit vielen Schwierigkeiten verbunden. Der Wasserpunkt erhält hier die Ziffer 1.

2. Tropfbare Flüssigkeiten, weniger dicht als das destillirte Wasser: Schwefeläther $0._7$, Alkohol $0._8$, Rheinwein $0._{98}$; die meisten ätherischen und fetten Oele schwanken um $0._9$; Petroleum zwischen $0._7$ und $0._{85}$.

3. Dichter als das destillirte Wasser sind: Meerwasser $1._{03}$, Milch $1._{03}$, Zuckerlösungen verschieden, je nach dem Concentrationsgrade, Bier $1._{02}$ bis $1._{03}$; die verschiedenen Laugen und sehr viele concentrirte Säuren z. B. Essigsäure $1._{06}$, Salzsäure $1._2$, Salpetersäure $1._5$ und Schwefelsäure $1._{85}$.

4. Die Dichte der Luft im Vergleich mit dem destillirten Wasser ist $\frac{1}{770}$; jene des Wasserdampfes bei 100° C. ist $\frac{1}{1700}$ von jener des Wassers bei 0° C.

312. **Procent-Aräometer.** Ein Aräometer mit einer Scala, welche anzeigt, wie viel Volumen- oder Gewichtsprocente eines Stoffes in einer Flüssigkeit z. B. Alkohol im Branntwein, Zucker oder Salze im Wasser enthalten sind, heißt Procent-Aräometer.

1. Der Wasserpunkt solcher Aräometer wird mit Null bezeichnet; die anderen Zahlen der Scala müssen durch Versuche ermittelt werden.

2. Das in Oesterreich gebräuchliche Alkoholometer (Fig. 219) zeigt, wie viel Liter Alkohol von 0.7951 Dichte in 40 Liter oder in 100 Liter Weingeist bei 12° R. enthalten sind. Für höhere und tiefere Temperaturen als 12° R. müssen die an dem Thermometer des Instrumentes abgelesenen Angaben abgezogen oder hinzu addirt werden. Die Scala des Thermometers gibt hier nicht Wärmegrade, sondern die berechneten, entsprechenden Procente an. Der Nullpunkt dieser Scala fällt mit dem 12. Grade R. des Thermometers zusammen.

313. **Aräometer mit willkürlicher Scala** haben eine Theilung, welche wohl angibt, daß sich die zu untersuchenden Flüssigkeiten in Beziehung auf die Dichte um gewisse „Grade" unterscheiden; aber diese Grade sind weder im Stande Procente anzuzeigen, noch wie vielmal eine Flüssigkeit dichter oder minder dicht als eine andere ist. Diese Instrumente haben für die Wissenschaft keinen Werth.

1. Hierher gehören die Aräometer von Baumé (1768), Cartier und Beck, welche im gewerblichen Leben noch immer sehr verbreitet sind.

2. Beim Gebrauche der Aräometer muß stets auf die Temperatur der zu untersuchenden Flüssigkeit Rücksicht genommen werden.

3. Das Princip der Scalenaräometer soll schon vor Archimedes (250 v. Chr.) bekannt gewesen sein.

K. Gleichgewicht und Bewegung ausdehnsam flüssiger Körper.

314. **Quecksilbersäule gehoben vom Luftdruck.** Die atmosphärische Luft übt auf alle mit ihr in Berührung stehenden Gegen-

stände einen Druck aus (§. 81). das Vorhandensein dieses Luftdruckes kann man, wie Torricelli im Jahre 1643 zuerst zeigte, wie folgt, nachweisen.

Fig. 220.



Man füllt (Fig. 220) eine Glasröhre, welche über 0·8 Meter (30") lang und an dem einem Ende luftdichtverschlossen ist, mit Quecksilber, verschließt das offene Ende mit dem Finger und taucht es unter Quecksilber. Nach Entfernung des Fingers sollte man erwarten, das Quecksilber der Röhre werde so lange fallen, bis es, nach dem Gesetze der Communication, in der Röhre und in dem Quecksilbergefäße gleich hoch steht. Allein das Quecksilber bleibt bei einer Höhe von beiläufig 760 Millimeter (29 Zoll) über dem Quecksilberspiegel des unteren Gefäßes stehen. Der Raum von 29 Zoll hinauf ist nahezu luftleer, und heißt die Torricellische Leere oder das Vacuum.

Das Dasein dieser hohen Quecksilbersäule kann nur aus dem einseitigen Drucke der Luft auf das Quecksilber erklärt werden.

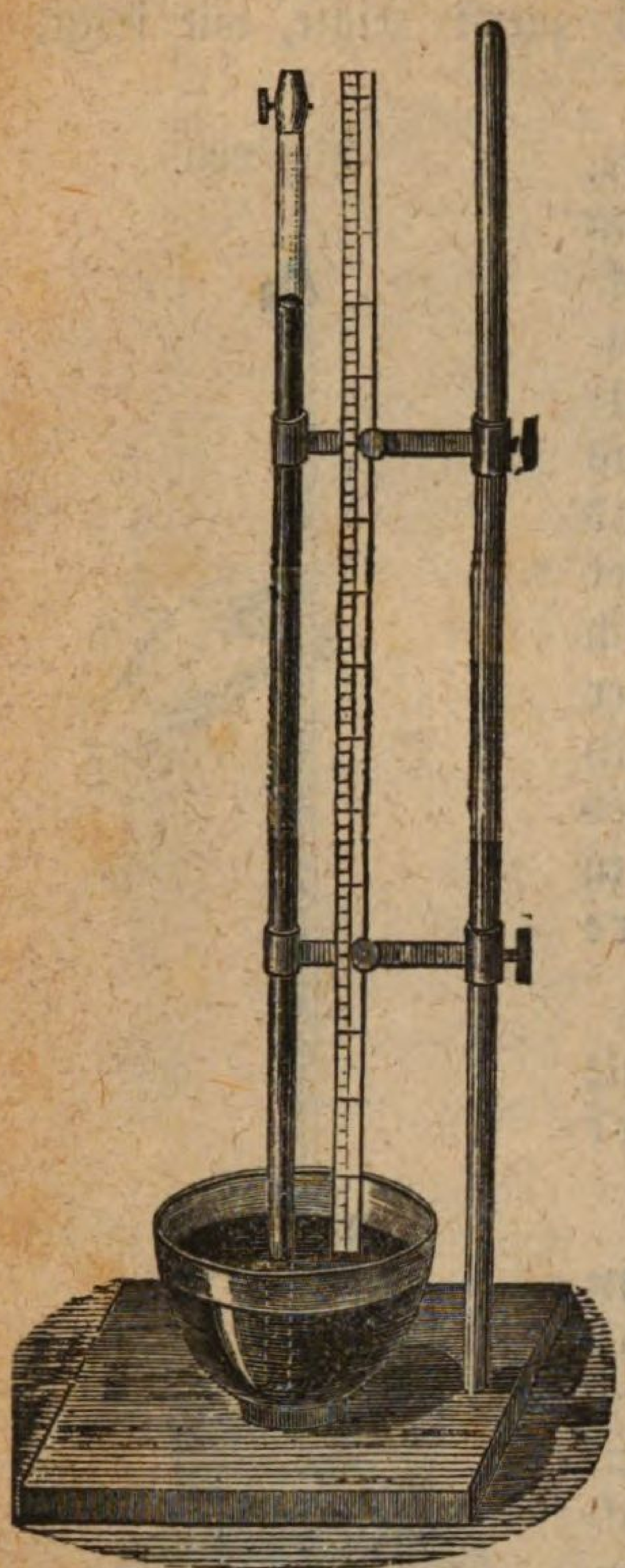
315. **Wassersäule gehoben vom Luftdrucke.** Das specifische Gewicht des Wassers ist 13·6mal kleiner als jenes des Quecksilbers; also erst eine Wassersäule von $13{\cdot}6 \times 760$ Mm. $=$ $10\frac{1}{3}$ Meter, (nahezu 32') könnte jener Quecksilbersäule in der Röhre das Gleichgewicht halten. In einer über $10\frac{1}{3}$ Meter hohen, oben geschlossenen Röhre dürfte also das Wasser nur bis zu etwa $10\frac{1}{3}$ Meter herabsinken. Und so ist es auch.

316. **Unmittelbarer Druck der Luft.** Wenn die Oeffnung der Torricellischen Röhre sehr eng ist, so braucht man dieselbe nicht in Quecksilber zu stellen. Das Quecksilber fällt dann nicht heraus, weil, wegen der Adhäsion desselben zu den Glaswänden, keine Luft über das Quecksilber kommen kann. Für Wasser in langen, oben geschlossenen, unten aber offenen Röhren dürfen sogar die Oeffnungen viel weiter als für Quecksilber sein, weil das Wasser an den Wänden des Rohres stärker haftet. Bei zu weiten Röhren dringt jedoch die Luft an den Wänden über das Wasser und drückt es hinaus.

317. **Einfachstes Barometer.** Wollte man beobachten, ob der Luftdruck sich zuweilen ändere, so müßte an die Röhre (Fig. 221) eine Theilung, z. B. nach Millimetern oder Linien, gebracht werden.

Eine derartige, zur Messung des Luftdruckes dienende Vorrichtung heißt Luftdruckmesser oder Barometer.

Fig. 221.



318. **Barometerstand.** Beim Barometer (Fig. 221) wäre der Nullpunkt der Theilung unmittelbar am Spiegel des Quecksilbers im Gefäße. Denn nur jener Theil der Säule in der Röhre kann als Folge des Luftdruckes angesehen werden, welcher über der Oberfläche des Quecksilbers im weiten Gefäße steht. Dieser Theil heißt Barometerhöhe oder Barometerstand.

319. **Fehler bei Barometern mit fixer Scala.** Gesetzt, es sei die Quecksilbersäule etwas gesunken; so ist das Quecksilber im Gefäß ein wenig gestiegen. In Folge dessen ist der Nullpunkt der Scala unter den Spiegel des Quecksilbers gerathen. Es ist jetzt nöthig, die Scala aus dem Quecksilber zu heben oder das Gefäß zu senken, bis jener Nullpunkt wieder die Oberfläche des Quecksilbers berührt. Geschieht dies nicht, so zeigt die Theilung den Barometerstand beim Fallen zu groß; beim Steigen hingegen zu klein. Dieser Fehler des Barometers muß vermieden werden.

320. **Gefäß- oder Kapselbarometer.** Wäre es möglich den Boden des Gefäßes beim Barometer zu heben und zu senken, so könnte man dadurch den Nullpunkt immer an die Oberfläche des Quecksilbers bringen. Fig. 222 zeigt im unteren Theile ein solches Gefäß. Der Boden ist hier ein Lederbeutel (L Fig. 223), der durch eine Schraube so gerichtet wird, daß der Nullpunkt an seinen ursprünglichen Platz kommt. Dies ist dann der Fall, wenn die Spitze eines Elfenbein- oder Stahlkegels die Oberfläche des Quecksilberspiegels berührt. Man erkennt dies, daß sich die Spitze des Kegels und seines Bildes im glänzenden Quecksilberspiegel treffen.

Beweglicher Boden erfunden von Ramsden 1786; später verbessert von Fortin und Ernst.

321. **Flaschenbarometer.** Hat (Fig. 224) das Gefäß eines Barometers die Gestalt einer Flasche, so heißt es Flaschenbarometer. Bei demselben ist ac der Barometerstand.

Da hier Gefäß und Scala unverrückt bleiben, so ist dieses Barometer mit dem „Fehler" behaftet. Dieser kann jedoch dadurch verkleinert werden, daß man das birnförmige Gefäß brecht weit macht. Dann breitet sich das aus der Röhre fallende Quecksilber in einer sehr dünnen Schichte aus, wodurch der Nullpunkt nur wenig bedeckt wird.

Fig. 222.

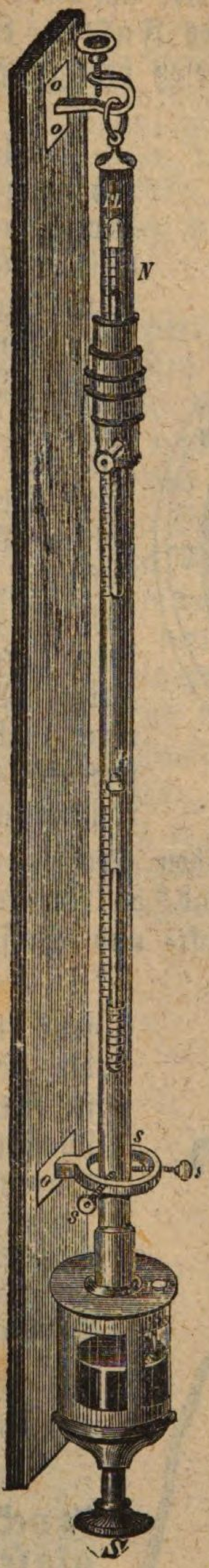


Fig. 225.

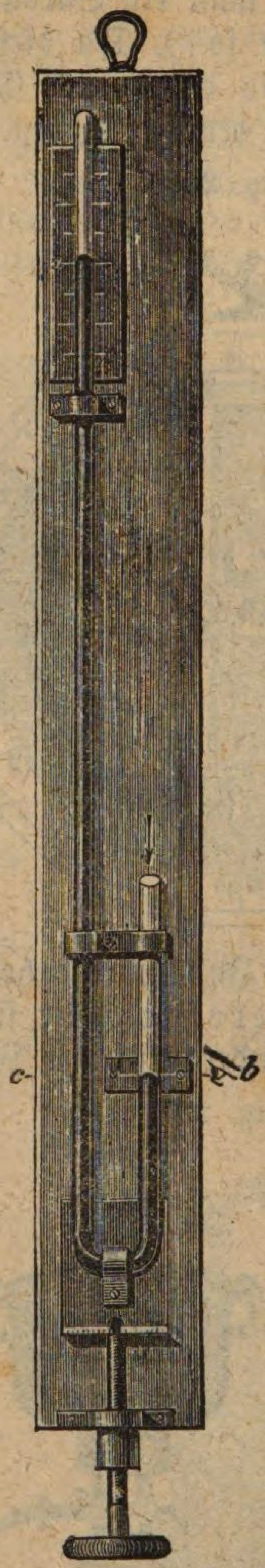


Fig. 223.

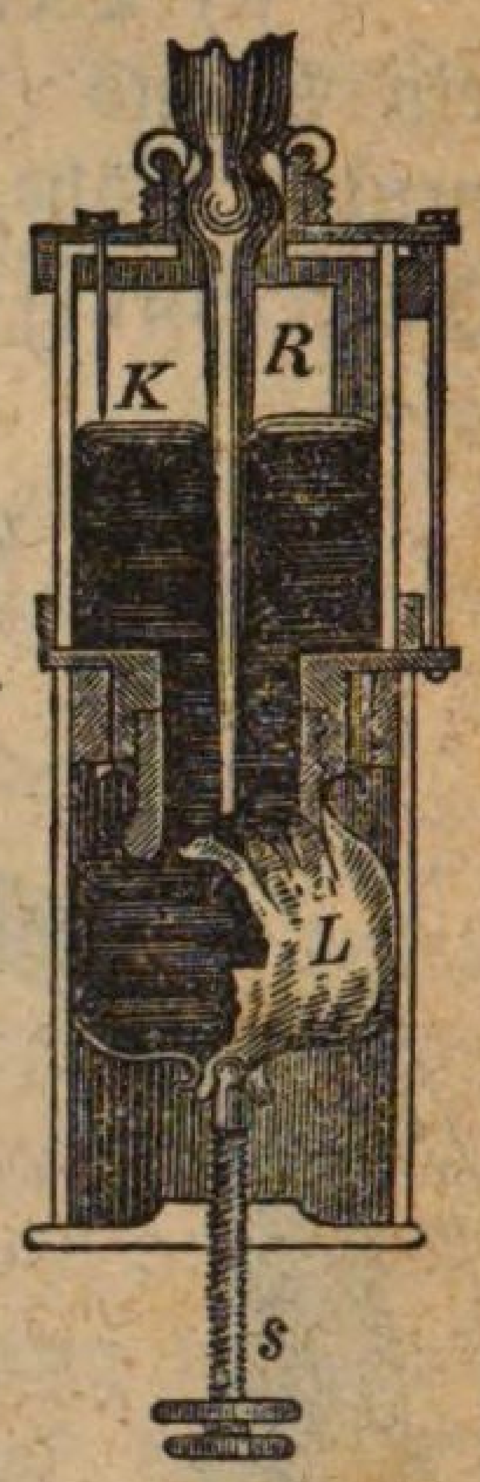


Fig. 224.



Dieses Barometer eignet sich nur als gewöhnliches Hausbarometer.

322. **Heberbarometer.** Bei diesem (Fig. 225) hat das Barometer die Gestalt einer Krummröhre; es ist eines der vollkommensten Barometer. Es gibt mehrere Arten desselben. Hier ist nur jenes abgebildet, bei dem der Nullpunkt der Theilung mit der Oberfläche des Quecksilbers in dem kürzeren Arm dadurch in eine Gerade gebracht wird, daß man die Röhre verschiebt.

Erfunden von Boyle 1694; seitdem sehr abgeändert.

323. **Gebrauch und Nutzen des Barometers.** a) Das Barometer soll während der Beobachtung lothrecht hängen.

b) Das Auge des Beobachters muß mit dem höchsten Punkte der Quecksilberkuppe einerlei Höhe haben.

c) Das Barometer ist für viele Versuche wichtig.

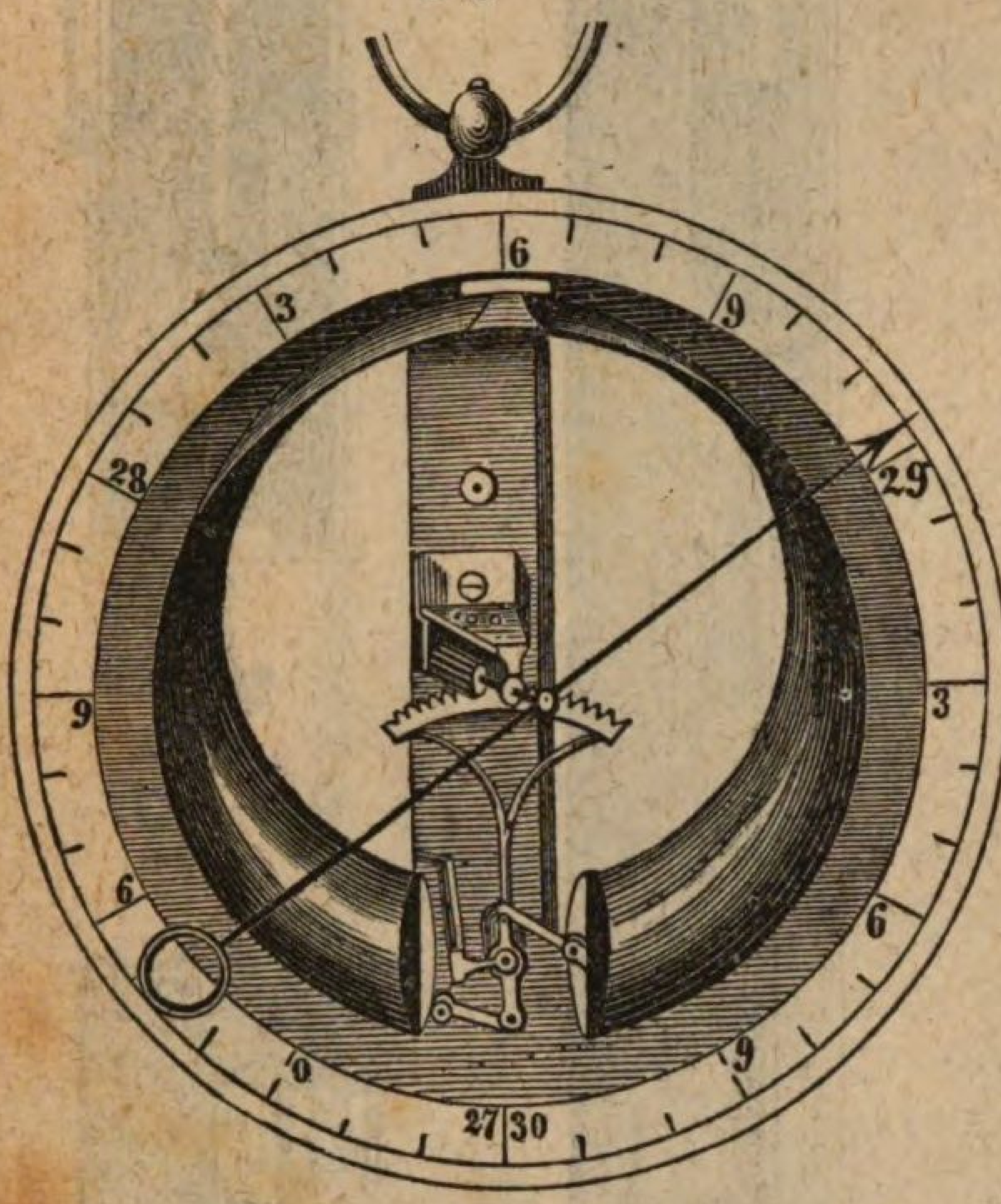
d) Das Barometer dient zu Witterungsbeobachtungen.

1. Da das Barometer stets nur um einige Zolle fällt oder steigt, so braucht man von der Scala nicht mehr als den oberen Theil.

2. In der Regel deutet ein Sinken des Barometerstandes auf ein ungünstiges, und ein Steigen auf ein günstiges Wetter hin; doch gibt es hievon Ausnahmen. Ein sehr rasches Fallen des Quecksilbers ist ein sicheres Zeichen für stürmisches Wetter.

e) Wenn man ein Barometer auf einen hohen Berg bringt, so sinkt sein Stand (wie so?). Da dieses Fallen des Barometers, bei zunehmender Höhe, ein bestimmtes Gesetz befolgt, so kann das Barometer zum Höhenmessen benützt werden.

Fig. 226.



324. **Dosenbarometer mit nahezu luftleerer Röhre** nach Bourdon (1853). Man denke sich (Fig. 226) eine gekrümmte, aus dünnem Blech verfertigte Röhre luftleer gemacht und luftdicht verlöthet. Wächst der Druck der äußeren Luft, so wird sich diese Röhre mehr krümmen, weil die Fläche der convexen Seite größer ist als jene der hohlen Seite. Vermindert sich der Luftdruck, so wird die Krümmung verkleinert. Diese Bewegung der Röhre kann durch ein Hebelwerk auf einen Zeiger übertragen werden, welcher an einer, nach einem guten Barometer verfertigten Scala den herrschenden Barometerstand anzeigt.

Derartige Instrumente heißen Dosenbarometer, Metallbarometer oder Aneroide. Sie sind, da hier keine Quecksilberschwankungen vorkommen, besonders für die Luft- und Wasserschifffahrt von Nutzen.

Fig. 227.



Diese Instrumente sind zwar sehr empfindlich und genauer als die gewöhnlichen Hausbarometer; sie stehen aber gegen die wissenschaftlich angefertigten Quecksilber-Barometer zurück.

Taschen-Aneroide. — Aneroide mit luftleerer Büchse nach Vidi (1847).

Ein vorläufiges Höhenmessen und Nivelliren der projectirten Eisenbahnwege mittels des Aneroids (Holostérique) ist sehr bequem und wird daher häufig angewendet.

325. **Der einseitige Luftdruck bei den Auffanggläsern für Gase** bewirkt, daß (Fig. 227) die Flüssigkeit aus dem mit der Mündung in die Absperrflüssigkeit tauchenden Gefäße a nicht herausfällt.

1. Bei der Gasentwicklung treibt der durch Anhäufung des sich entwickelnden Gases entstehende Druck das Gas in die

Auffanggläser. Aus diesen drückt dann das Gas die Auffangflüssigkeit in die pneumatische Wanne.

2. Ein mit Wasser gefülltes Glas, an dessen Mündung man ein Papiersieb fest drückt, läßt sich umkehren, ohne daß Wasser herausfließt.

3. Ein ausgedrückter Kautschukbeutel bleibt an einer Wand haften, nachdem er, vermöge der Elasticität, seine ursprüngliche Form wieder angenommen; wie so? — Sind solche Beutel außen mit Haken versehen, so können sie als Hut- und Kleiderträger auf Reisen dienen; wie so? Solche Haken für Spiegel- und Glasscheiben.

4. Wie könnte man solche pneumatische Aufhängehaken statt der Magdeburger Kugelabschnitte (S. 23) benützen?

326. **Gasbehälter von Pepy.** Wenn das Gefäß ez (Fig. 227) am Halse überall luftdicht verschlossen ist, so fällt, wegen des bei z nur einseitig wirkenden Luftdruckes, das Wasser bei dieser Oeffnung nicht heraus. Ein Gas jedoch, das entwickelt und nach z geleitet wird, drängt das Wasser bei z heraus. Ist das Wasser bis nahe vor z herausgedrückt, so schließt man z mit einem Pfropfen und man kann nun das Gas aufbewahren. Will man dasselbe benützen, so öffnet man den Hahn e. In Folge dessen kann das in der Wanne vv vorräthige Wasser in das untere Gefäß ez fließen und von hier das Gas bei c oder n austreiben, je nachdem vermittelst eines Doppelhahnes c das entsprechende Rohr geöffnet wird. Ist alles Gas entwichen, so erscheint der Theil ez wieder wie zu Anfang mit Wasser gefüllt und kann dann abermals zum Gasauffangen benützt werden.

Dieser Gasbehälter wird meistens aus Glas mit Messingfassungen verfertigt. Wie füllt man ihn das erstemal mit Wasser? — Erfunden 1802.

Fig. 228.

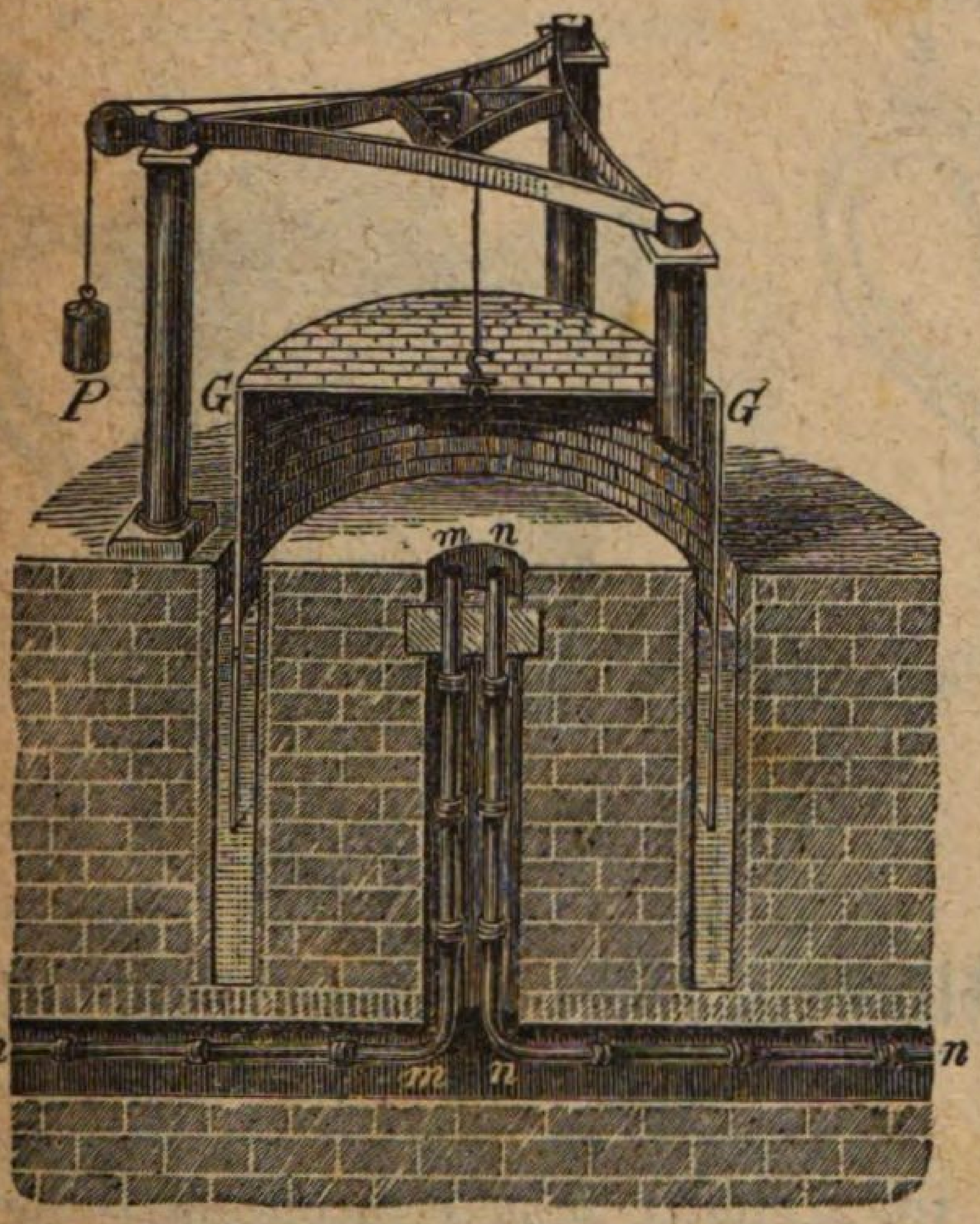
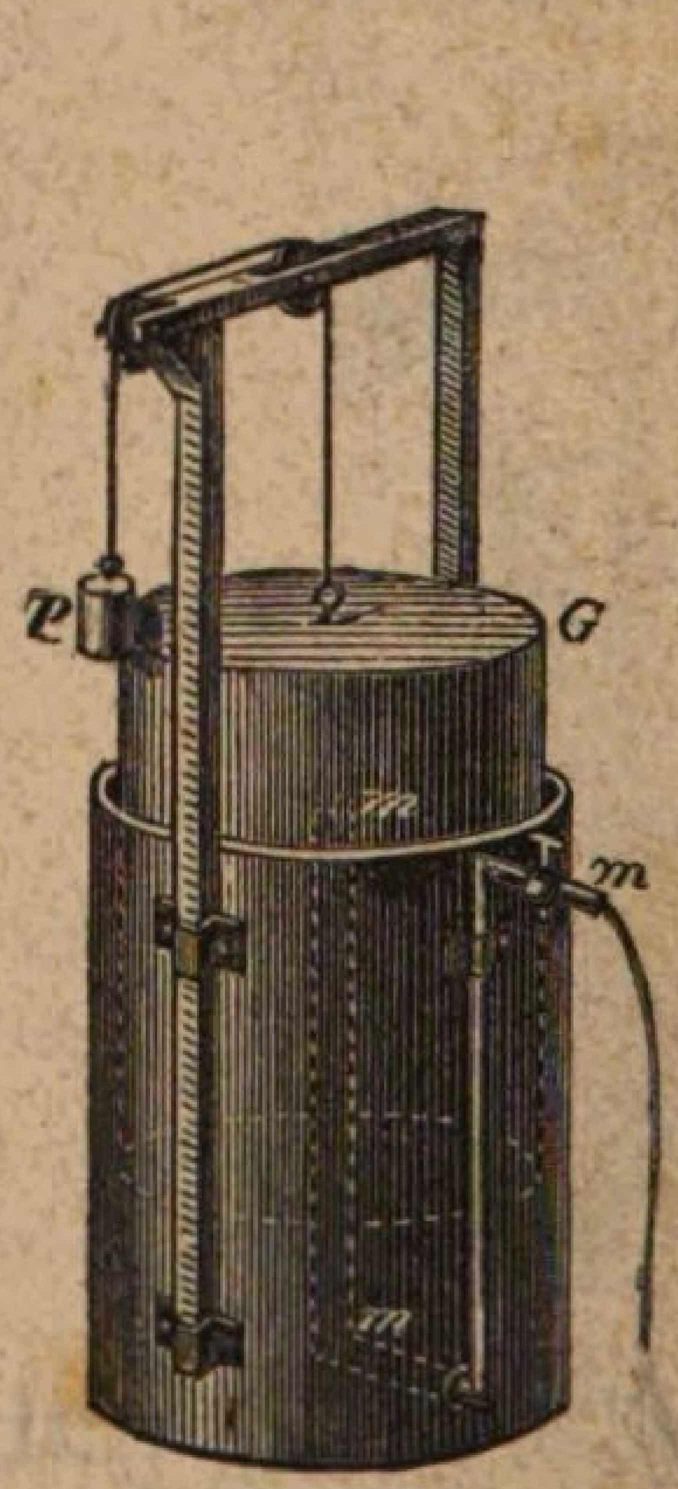


Fig. 229.



327. **Gasbehälter im Großen.** Bei einem solchen (Fig. 228) fließt das Gas durch mmm zu, und durch nnn ab. Beides geschieht nicht gleichzeitig. Ist der Hahn bei m geschlossen und jener bei n offen, so strömt das Gas, in Folge des Druckes, den der Cylinder G

darauf, vermöge seines Gewichtes übt, bei n ab. Dieser Druck kann durch Gegengewichte P geregelt werden.

1. Wie tief auch der Cylinder G einsinken mag, stets müssen die Oeffnungen m und n der Röhre über dem Spiegel des Sperrwassers liegen, warum?

2. Auf gleichem Grunde beruht der ältere, tragbare Gasbehälter (Fig. 229). Wie wird er gefüllt und beim Gebrauche entleert?

328. **Gasometer.** Wenn Gasbehälter mit Volumscalen versehen sind, so daß man aus ihrer Versenkung oder aus ihrem Wasserstande auf die vorhandene Gasmenge schließen kann, so heißen sie Gasometer. — Gasuhren.

329. **Stechheber.** Wie bei den Auffanggläsern a (Fig. 227) äußert sich der Luftdruck beim Stechheber (Fig. 230). Wird dieses Geräth ganz in eine Flüssigkeit getaucht, so füllt es sich. Schließt man die obere Oeffnung mit dem Daumen, so läßt sich die eingedrungene flüssige Masse herausheben, ohne daß etwas durch die untere, engere Oeffnung abfließt.

Sobald die obere Mündung gelüftet wird, fällt die Flüssigkeit aus dem Heber.

1. Auf dem Princip des Stechhebers beruhen die Apparate Fig. 231 bis 234.

2. Das Zaubersieb (Fig. 232) dient als kleiner Kopfstusch, zum Blumenbegießen.

3. Warum versieht man den Deckel bei Kaffee- und Theemaschinen, bei Lampen mit einer Oeffnung? Doppelter Krug für Milch und Kaffee.

4. Warum geht bei der Glastrompete (Fig. 18) der Boden erst nach dem Aussaugen zurück?

Fig. 230. (Stechheber).

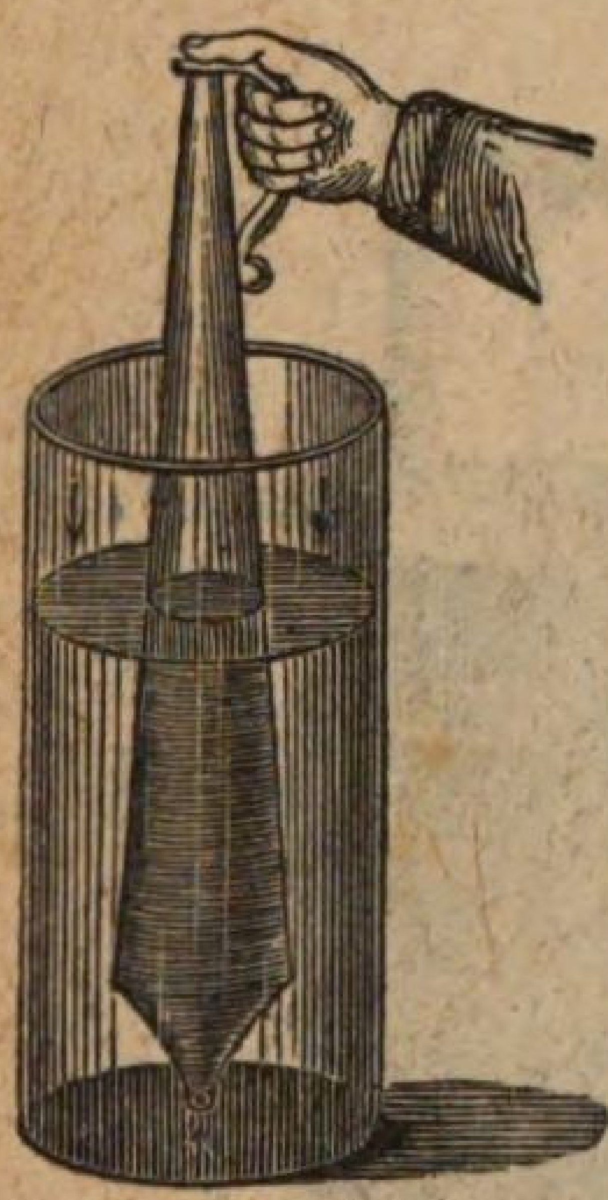


Fig. 231. (Zaubertrichter).



Fig. 232. (Zaubersieb.)



330. **Intermittirendes Fließen.** Aus der Ausfüßflasche w (Fig. 235) fließt die Flüssigkeit nur so lange in den Trichter als die Luft bei r einzudringen vermag. Wie aber so viel Flüssigkeit aus der Flasche geströmt ist, und sich im Trichter derart gesammelt hat, daß der Flaschenmund r mit derselben bedeckt ist, hört das Fließen aus der Flasche auf.

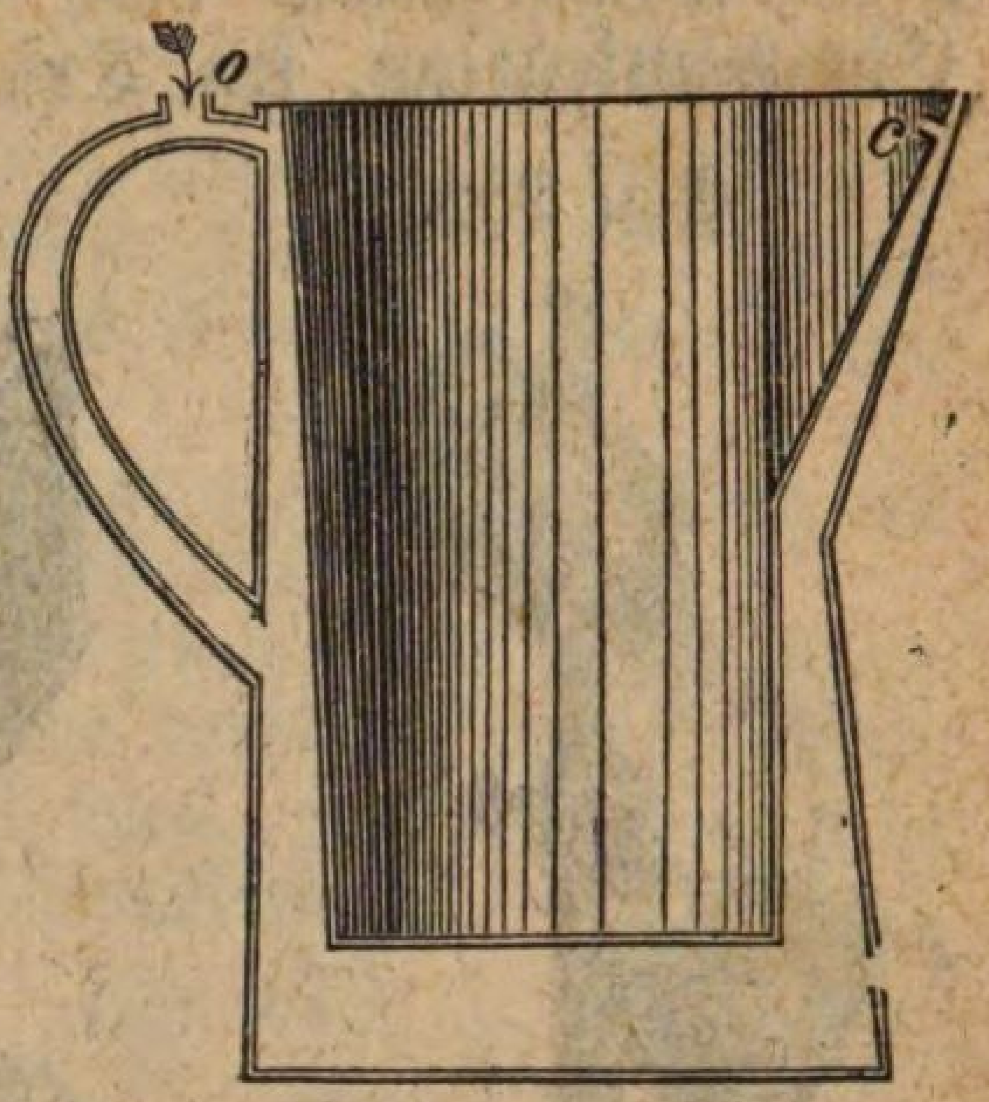
Indeß strömt die Flüssigkeit aus dem Trichter in das untergestellte Glas. In Folge dessen sinkt der Flüssigkeitsspiegel im Trichter herab, die

Oeffnung r der Flasche wird wieder frei, es steigt abermals Luft in die Flasche und dieselbe läßt wieder nachfließen, bis ihre Mündung nochmals unter die Flüssigkeit im Trichter taucht. Es entsteht auf diese Art ein unterbrochenes Fließen aus der Flasche.

Fig 233. (Zauberbecher).



Fig. 234. (Magischer Krug).



Hierauf beruht die sich selbst regelnde Filtrirvorrichtung (Fig. 235); ferner die Lampeneinrichtung (Fig. 236) und der intermittirende Brunnen (Fig. 237).

1. Ist beim Commando-Brunnen (Fig. 237) die unten, an der Seite der Röhre befindliche Oeffnung o frei, so dringt Luft über das Wasser im oberen Gefäße; das Wasser fällt dann durch die Röhrchen in die Schüssel. Diese hat eine so kleine Abflußöffnung a, daß hier viel weniger Wasser abfließt, als durch die Röhrchen zukömmt. Es bedeckt sich folglich die Oeffnung o bald mit Wasser. Jetzt kann keine Luft mehr hinaufströmen. Die Röhrchen hören daher auf, Wasser zu geben. Das Wasser fließt indeß immer bei a ab. Bald wird die Oeffnung bei o wieder frei, und das Spiel beginnt von neuem.

Beobachtet man durch Zählen die Zeit, welche zwischen dem einem Fließen und dem andern abläuft, so kann man dem Brunnen seine Thätigkeit commandiren.

2. Bei der Tropfflasche (Fig. 238) drängt je eine bei a eindringende Luftblase je einen Tropfen Wasser bei c heraus. Die Tropfflasche wird von den Chemikern wie die Aussüßflasche angewendet.

Fig. 235.

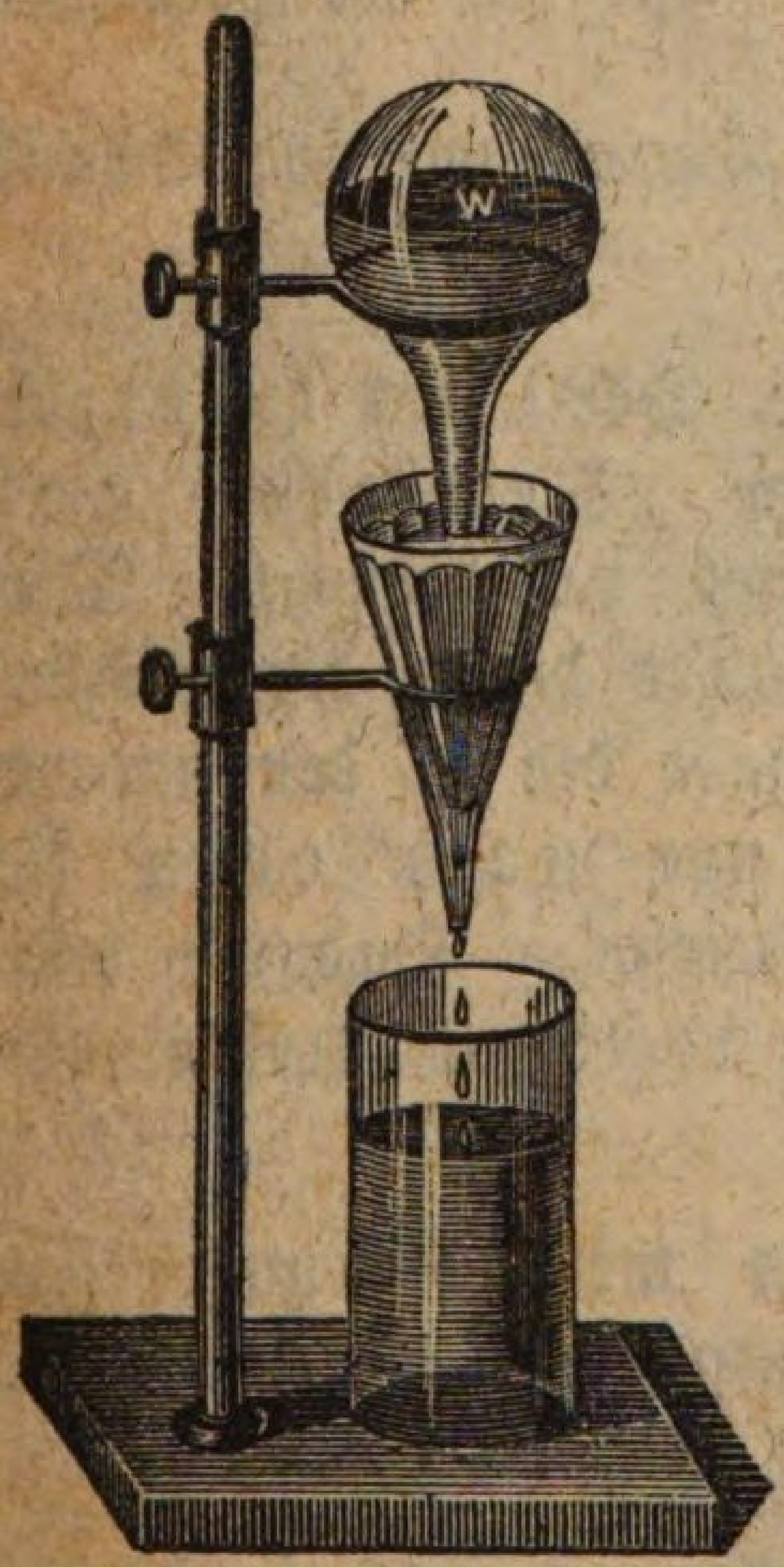


Fig. 236.

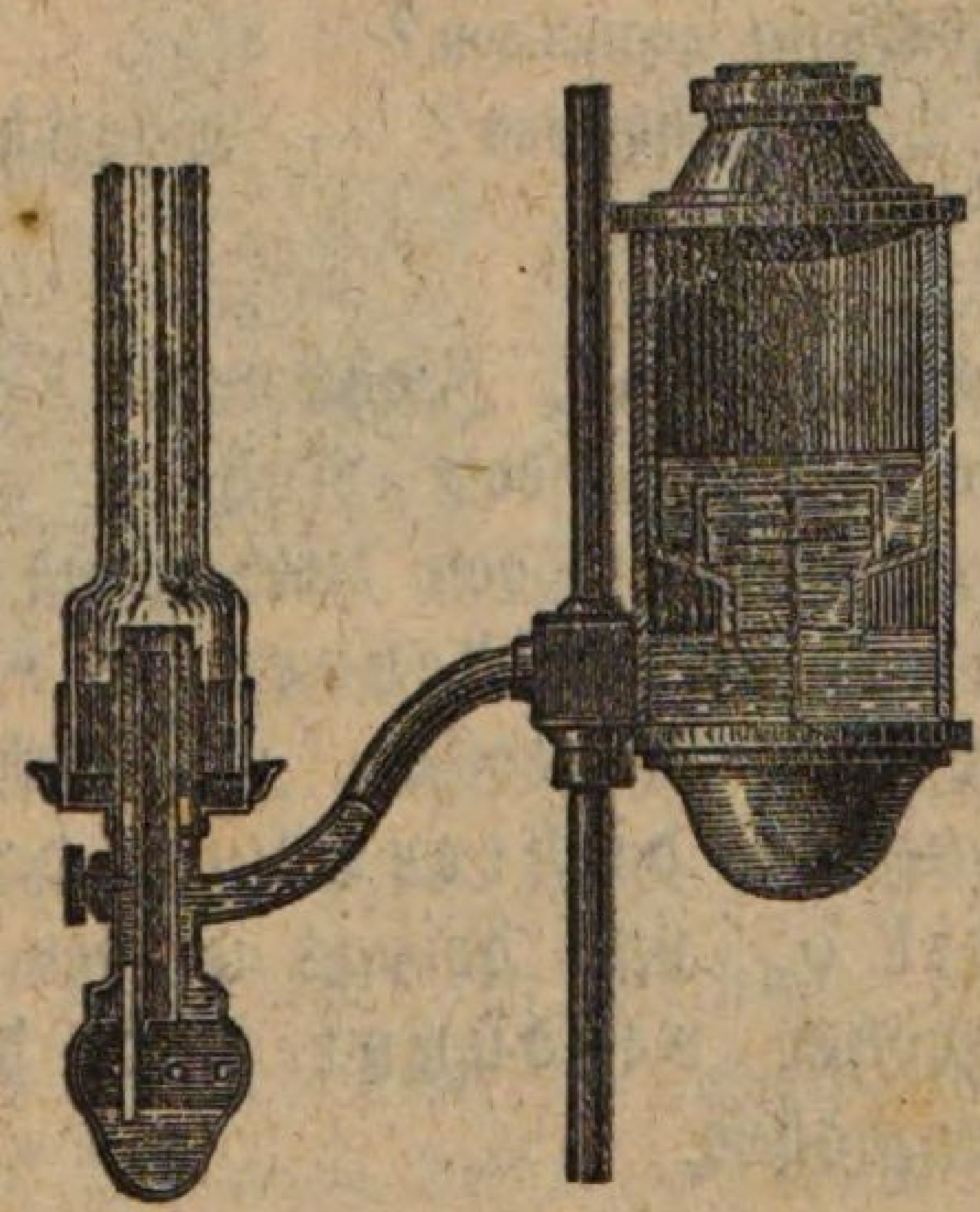
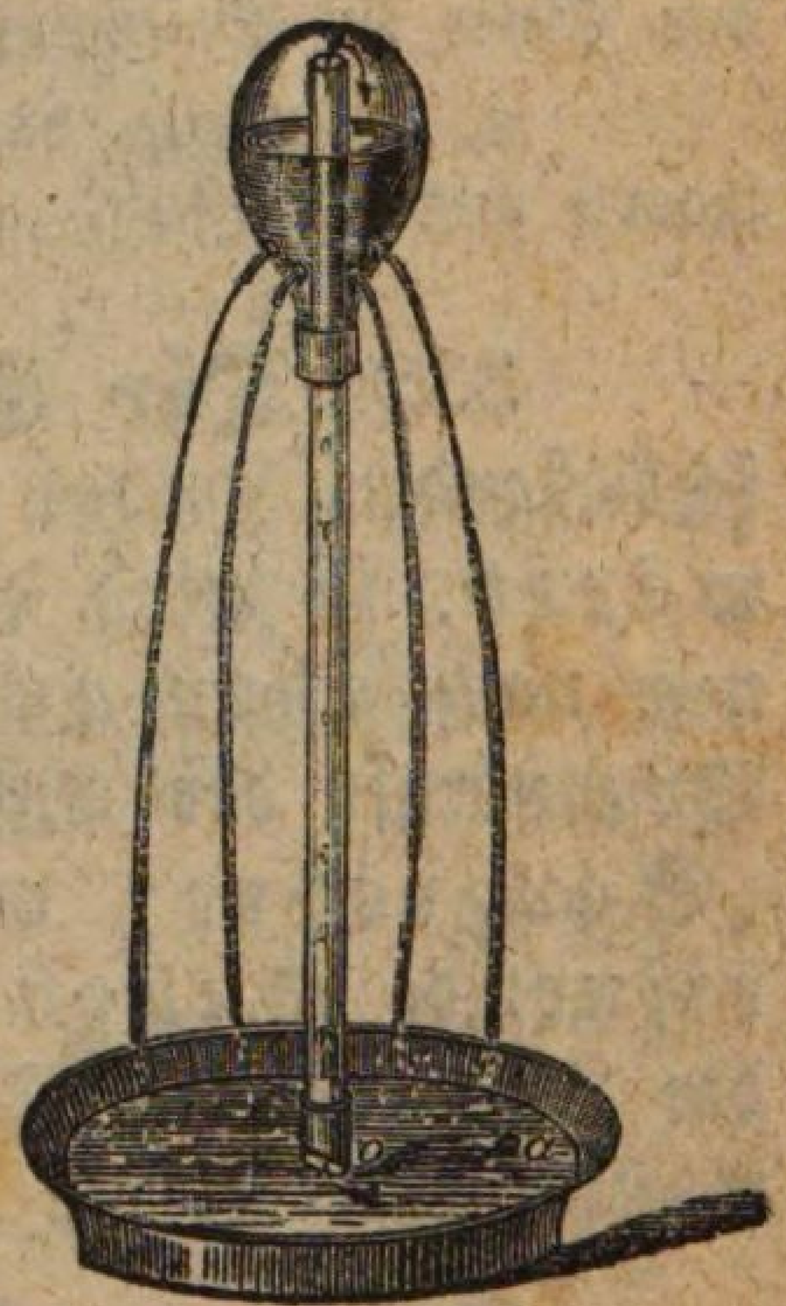


Fig. 237.



3. So lange bei R (Fig. 239) Luft einströmt, fließt bei r Oel aus. Ist aber die Flüssigkeit bis zur Oeffnung R gestiegen, so hört das Ausströmen auf; welchen Nutzen hat dieses Kännchen? Warum muß der Stöpsel s luftdicht schließen?

331. **Das aerostatische Tintengefäß** von Wedgwood. Lüftet man (Fig. 240) den luftdicht schließenden Stöpsel und gießt Tinte durch den Trichter, so stellt sie sich, nach dem Gesetze der Communication, im Trichter und im Gefäße gleich hoch. Schließt man

Fig. 238.

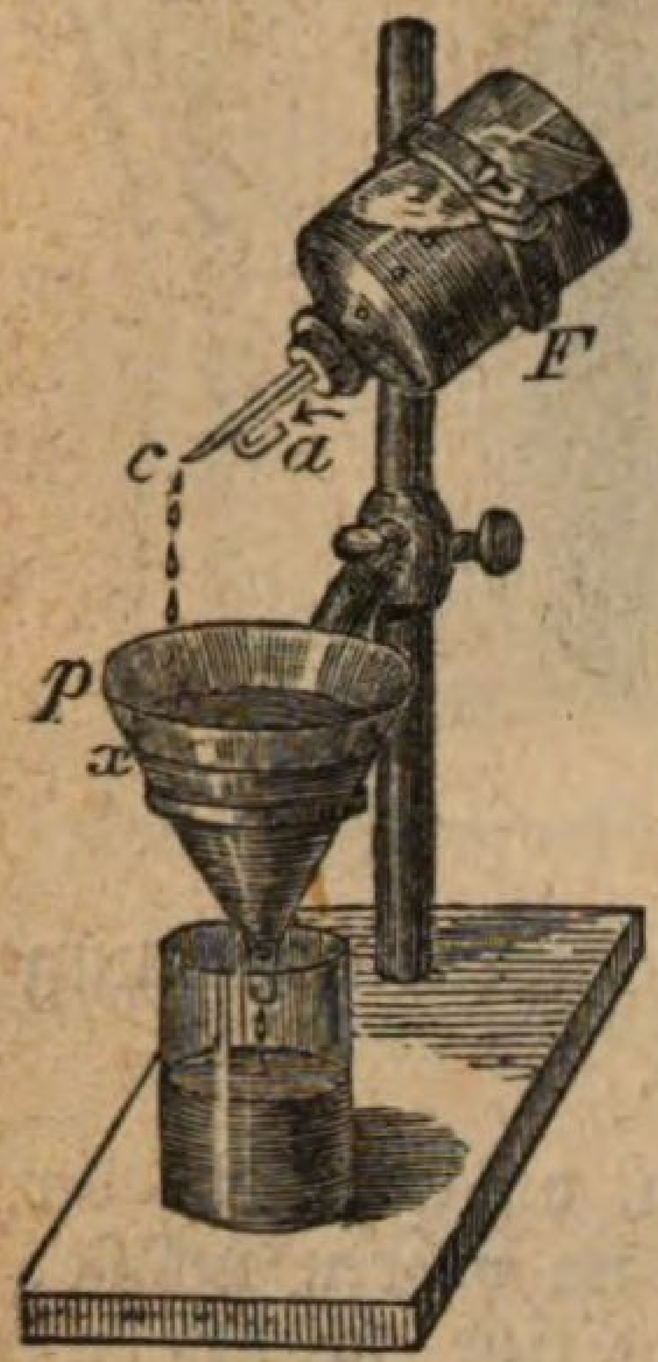


Fig. 240.

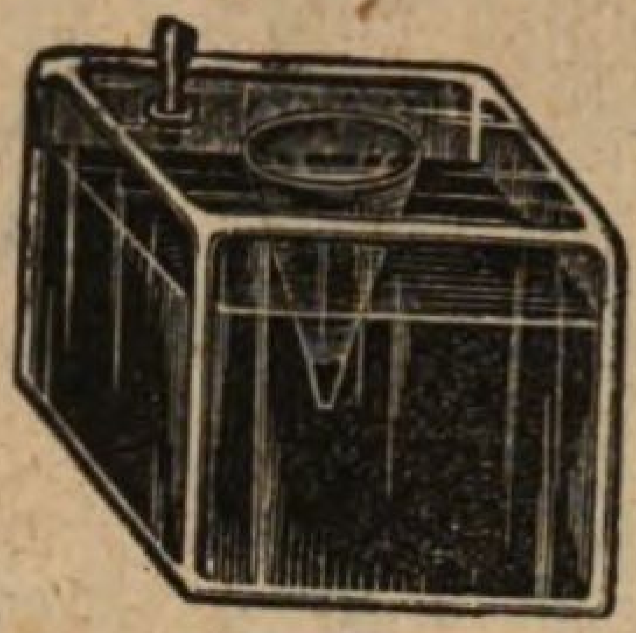


Fig. 239.

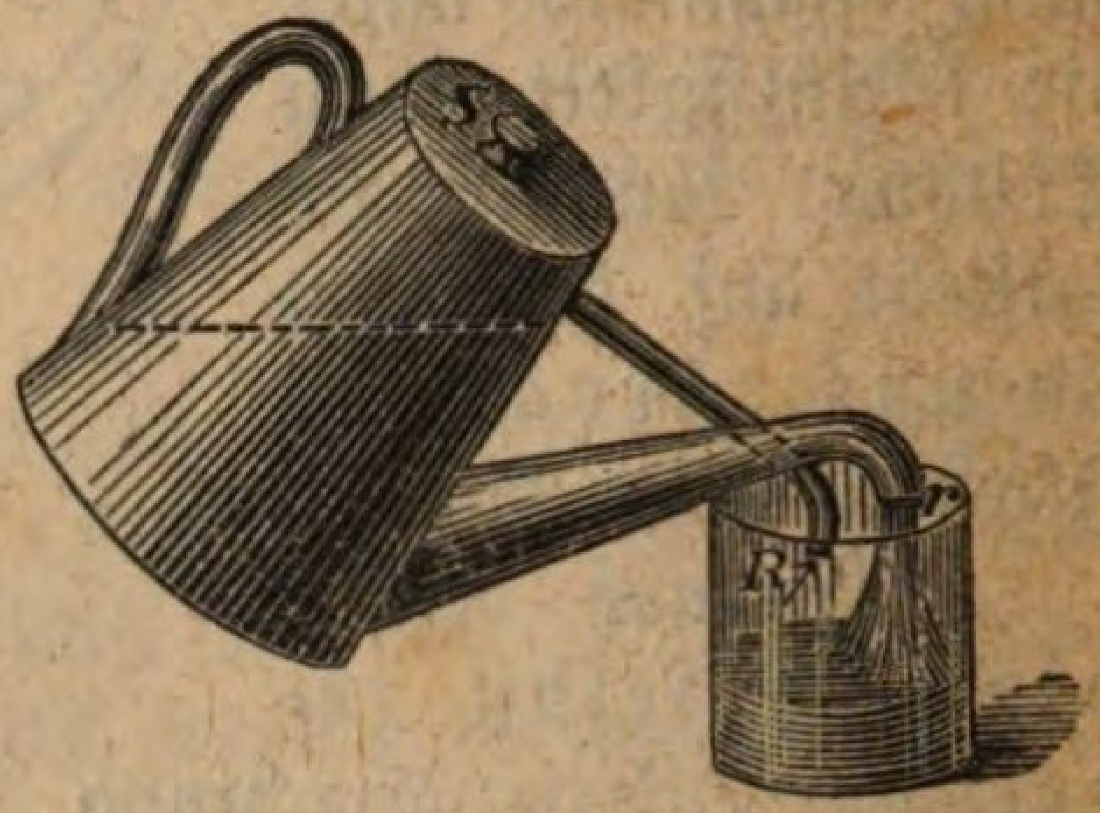
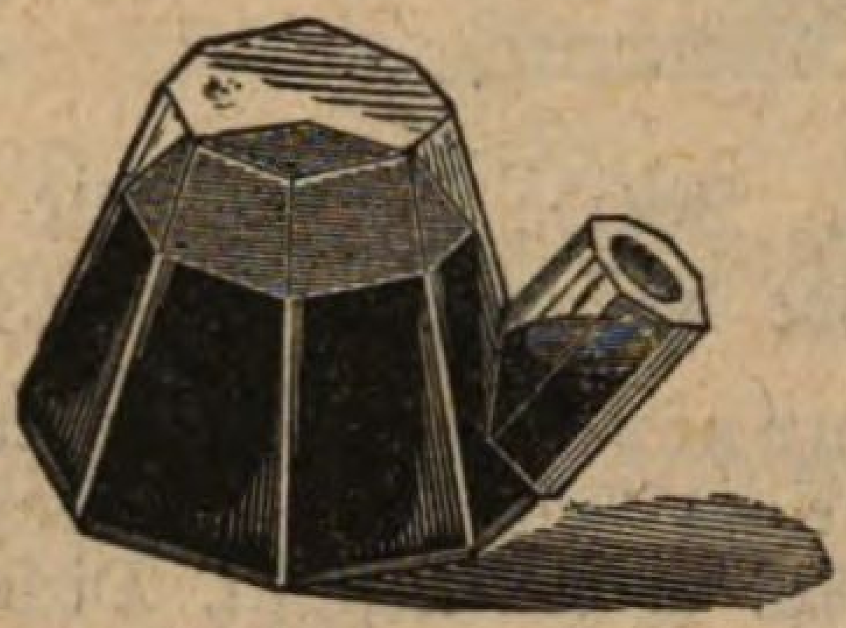


Fig. 241.



mittels des Stöpsels luftdicht, so kann man einen Theil der Tinte aus dem Trichter gießen und nur so viel darin zurücklassen, als man für das Eintauchen bedarf.

1. Ein solches Tintenfaß umgeschüttet, läßt nur die geringe Menge Tinte des Trichters ausfließen. Wie so nicht mehr?

2. Die Tinte bleibt immer flüssig, wie so? (geringe Verdunstung; Staub nur wenig Zutritt). Wie wird der Zufluß der Tinte in den Eintauchtrichter geregelt?

3. Aus einem oben geschlossenen Behälter fließt Tinte in das seitliche Eintauchrohr (Fig. 241), wenn in letzterem die Schreibflüssigkeit so weit gesunken ist, daß eine Luftblase in den geschlossenen Raum dringen kann. Wie läßt sich der Höhenstand der Tinte im Seitenarme beliebig reguliren?

4. Vortheile dieses Tintenbehälters? — Aehnliche Tintenzeuge und Schreibfedern mit Nachfluß. — Vogeltränken.

332. **Die Saugpumpe.** Zieht man (Fig. 242) den luftdicht schließenden Kolben vom Boden des Rohres oder „Stiefels" aufwärts, so wird die unter demselben enthaltene Luft verdünnt. Das nur nach oben aufgehende Kolbenventil r bleibt durch die größere Spannkraft der äußeren Luft geschlossen. Zugleich hebt die in der unteren „Saugröhre" vorhandene dichtere Luft das nur nach oben sich öffnende Saugventil o, und dringt in den Stiefel. Dadurch wird die Luft in der Saugröhre verdünnt und der Luftdruck treibt eine Wassersäule in die Saugröhre.

Drückt man dann den Kolben abwärts, so wird die unter ihm befindliche Luft verdichtet; sie schließt das Saugventil o, öffnet die Kolbenklappe r und tritt in's Freie.

Wird der Kolben wiederholt in die Höhe gezogen, so kömmt endlich das Wasser durch das Saugventil o in den Stiefel. Geht der Kolben abwärts, so muß das Wasser über die Kolbenklappe r treten, von

wo es beim Heraufziehen des Kolbens bis zum „Ausflußrohr“ gehoben wird.

1. Wenn das Saugventil (Fig. 242) höher als $10^1/_3$ Meter vom Wasser entfernt wäre, so könnte man kein Wasser mittels einer solchen Pumpe heben; warum nicht? Wegen der Reibung darf man dasselbe nur 7 bis 8 Meter vom Wasser entfernt anbringen.

2. Nun Geschichte des Torricellischen Versuches. Diese kann erst jetzt verstanden werden. — Erfinder der Saugpumpe Ctesibius 130 vor Christi.

3. Beim Schröpfen werden an die früher geritzten Körpertheile kleine Glasglocken, Hörner, in welchen die Luft durch angezündetes Werg verdünnt wurde, gelegt. Diese bleiben dann, vermöge des Luftdruckes, auf der Haut sitzen. Zugleich dringt aus den verwundeten Stellen das Blut; Schröpfköpfe mit Kautschuckbeutel.

Fig. 242.

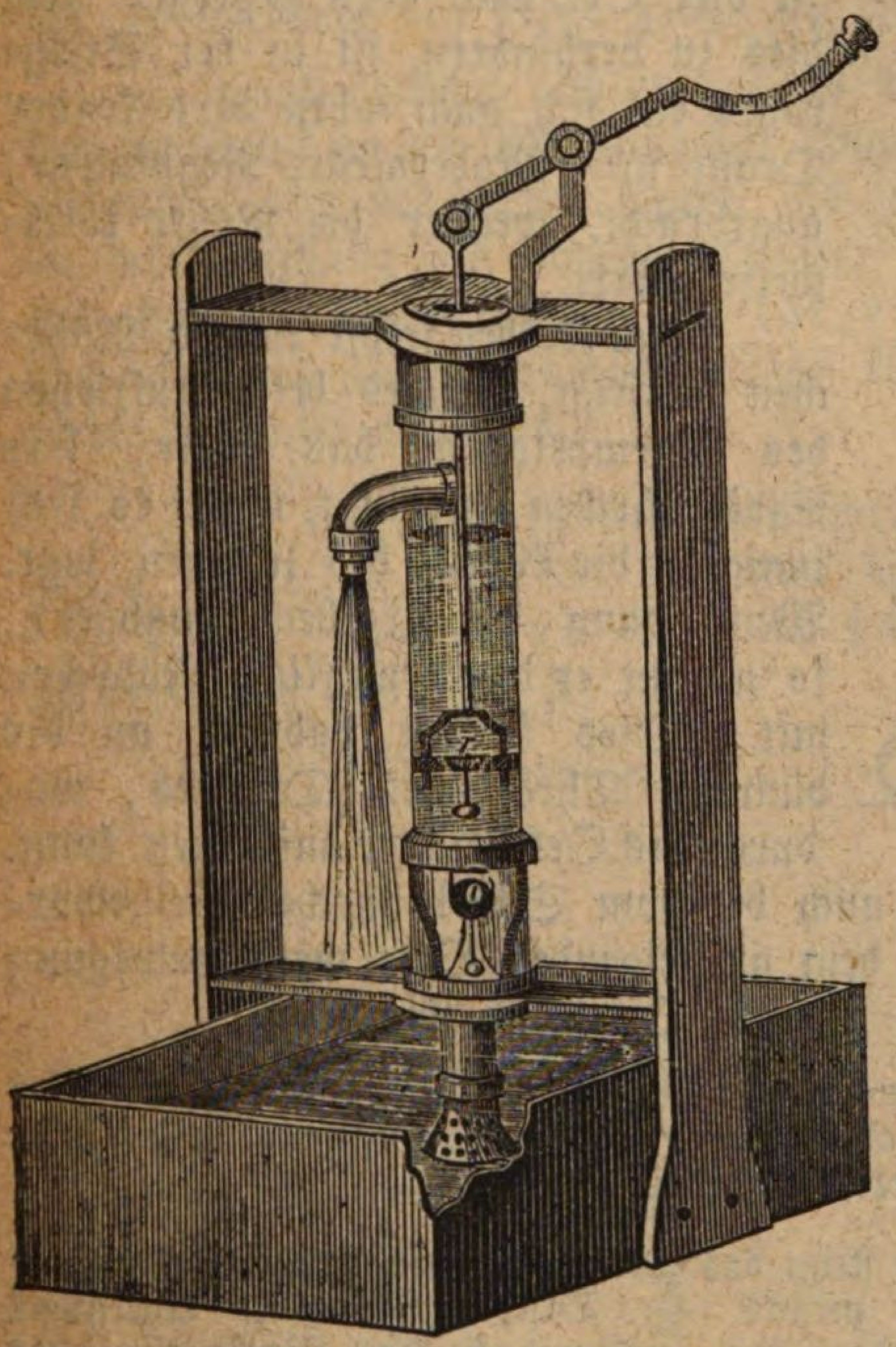
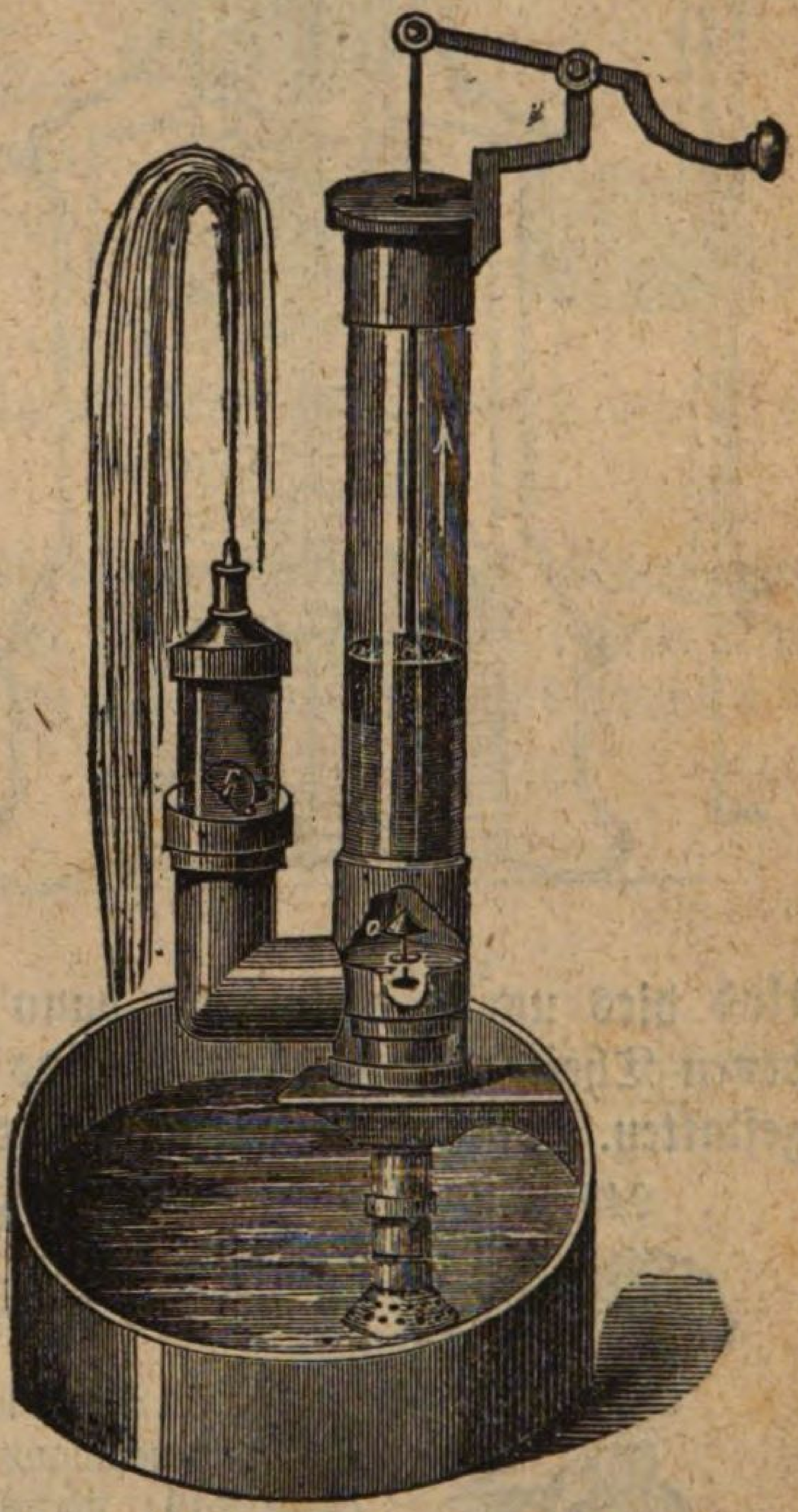


Fig. 243.



333. **Die Druckpumpe** (Fig. 243) hat einen Kolben ohne Ventil. Steigt derselbe in die Höhe, so geschieht ganz dasselbe wie bei der Saugpumpe. Wird er niedergedrückt, so entweicht die unter ihm befindliche Luft, vermittelst des sich nach außen öffnenden Ventils r seitwärts durch das „Steigrohr“. Auf diese Weise bringt man das Wasser in der Steigröhre zu beliebiger Höhe.

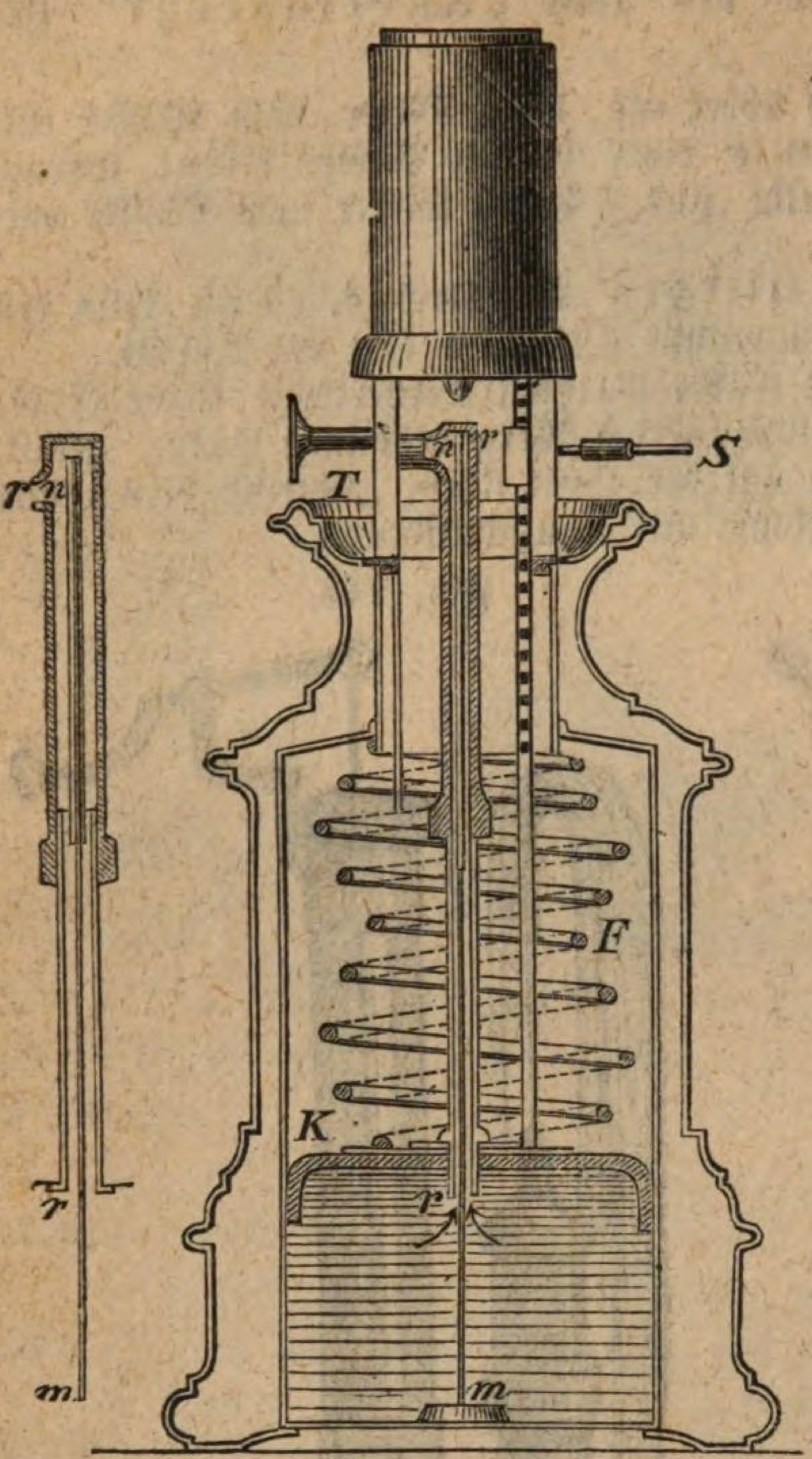
1. In gleicher Weise ist die Druckpumpe bei der hydraulischen Presse (S. 94) eingerichtet; ferner bei Douche-Apparaten und bei mancherlei Spritzwerken. — Wasserzerstäubungs-Apparat mittels Druckpumpe. — Einfache Feuer- und Gartenspritzen.

2. Druckwerke mit Hähnen statt der Ventile bei einigen Apparaten.

3. Wie läßt sich das Füllen und Spritzen der gewöhnlichen Handspritze erklären? — Klystiere verschiedener Art.

4. Vom Saugen mit einem Kautschuckballe. — Kautschuckball-Klystiere. — Spritzringe.

Fig. 244.



334. **Die Moderateur=lampe.** Wird (Fig. 244) der Kolben K mittels des Schlüssels S und des damit verbundenen Getriebes nach aufwärts gezogen, so treibt der Luftdruck das über dem Stempel K befindliche Oel am Kolbenrande nach abwärts. Die Spiralfeder F drückt den Kolben nach unten. In Folge dessen steigt das Oel in einer Röhre rr zum Dochte D.

Bei zu großem Drucke würde zu viel Oel nach oben gepreßt. Um dies zu verhindern, ist in der Steig=röhre ein sich nach oben verdickender Draht mn (Moderateur, Regulateur) angebracht, welcher die Röhre theil=weise sperrt.

Im Kolben selbst ist ein Röhr=chen befestigt, welches beim Aufziehen des Stempels in das obere, fixe Steigröhrchen eindringt, wobei es sich innig an die Wände des letzteren legt. Wenn dann der Kolben hinabgeht, so nimmt er das bewegliche Röhrchen mit. Dies kommt dadurch an die dünnern Theile des Drahtes, wo=durch das Oel leichter aufsteigen kann. Und dies um so mehr, als dann auch die vom Schiebröhrchen freigewor=denen Theile des fixen Röhrchens dem aufsteigenden Oele mehr Bewegung gestatten. In solcher Weise regelt sich der Oelzufluß von selbst.

245.



1. Gießt man bei T Oel ein, so fließt dieses, so wie auch das beim Dochte abtropfende, durch eine Oeffnung in den über dem Kolben befindlichen Raum.

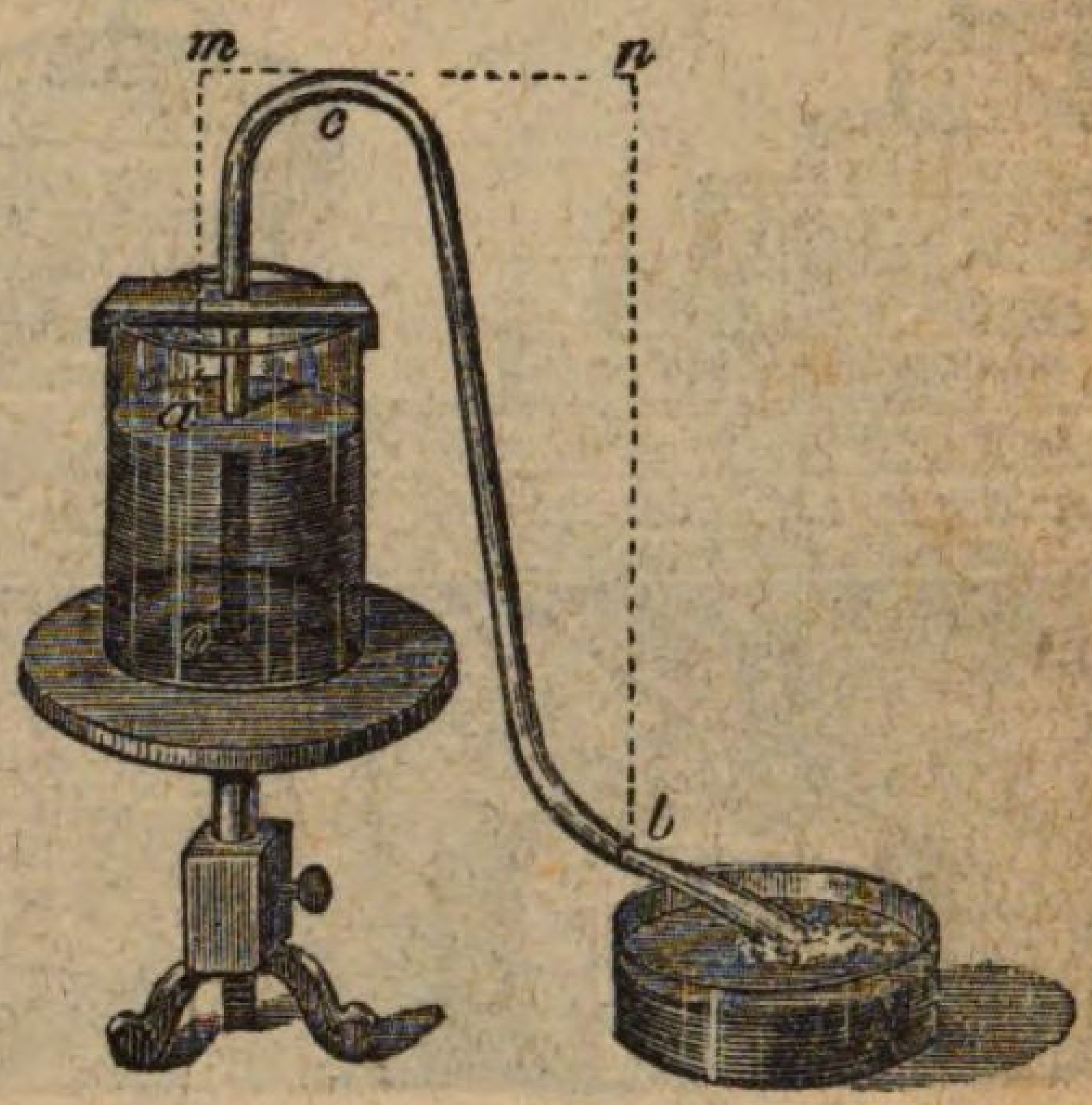
2. Warum steigt das Oel nicht zwischen dem Kolben und der Lampenwand zurück? — Daselbst befindliche Lederflügel (Fig. 244) verhindern dies, während sie das Hinabpressen des Oeles begünstigen.

335. **Der Saugheber.** Ist die Ausbauchung eines Hebers (Fig. 245) so groß, daß derselbe nicht durch Eintau=chen in die Flüssigkeit gefüllt werden kann; so senkt man das untere Ende in eine Flüssigkeit, und saugt mit dem Munde an der oberen Oeffnung. In Folge dessen wird im Heber die Luft verdünnt, und vom äußeren Luftdruck die Flüssigkeit in das Gefäß getrieben. Im Uebrigen verhält sich dieser Heber wie jener in Fig. 230.

1. Beim Saugen mit dem Munde erweitert sich die Brusthöhle und letztere nimmt Luft aus dem Innern des Hebers.
2. Wie erklärt man das Athmen, Rauchen und Trinken?

336. **Winkel oder Krummheber.** Bei demselben (Fig. 246) pflanzt sich der Druck der äußeren Luft mittelbar bis zur Mündung des untertauchenden Schenkels fort. Bei der freiliegenden Oeffnung greift der Luftdruck unmittelbar an. Dieser letztere und jener mittelbare Luftdruck können als gleich groß angesehen werden.

Fig. 246.



Dem Luftdruck am kürzeren Arm wirkt der hydrostatische Druck der Wassersäule ca, deren Höhe ma ist, entgegen. Ebenso wirkt gegen den Luftdruck am längeren Schenkel der hydrostatische Druck der Wassersäule cb, deren Höhe nb ist.

Da nb größer als ma ist, so wird der Luftdruck an der Mündung des längeren Schenkels um mehr verringert, als jener an der Oeffnung des kürzeren Armes. Es hat folglich der Luftdruck am kürzeren Schenkel das Uebergewicht. Das Wasser muß daher durch den längeren Schenkel abfließen.

Weil hierdurch in der Krummröhre ein luftleerer Raum entstehen würde, so treibt der Luftdruck beim kürzeren Schenkel immer wieder Wasser nach. Und dieß so lange, bis die untertauchende Mündung frei wird.

Fig. 247 a.

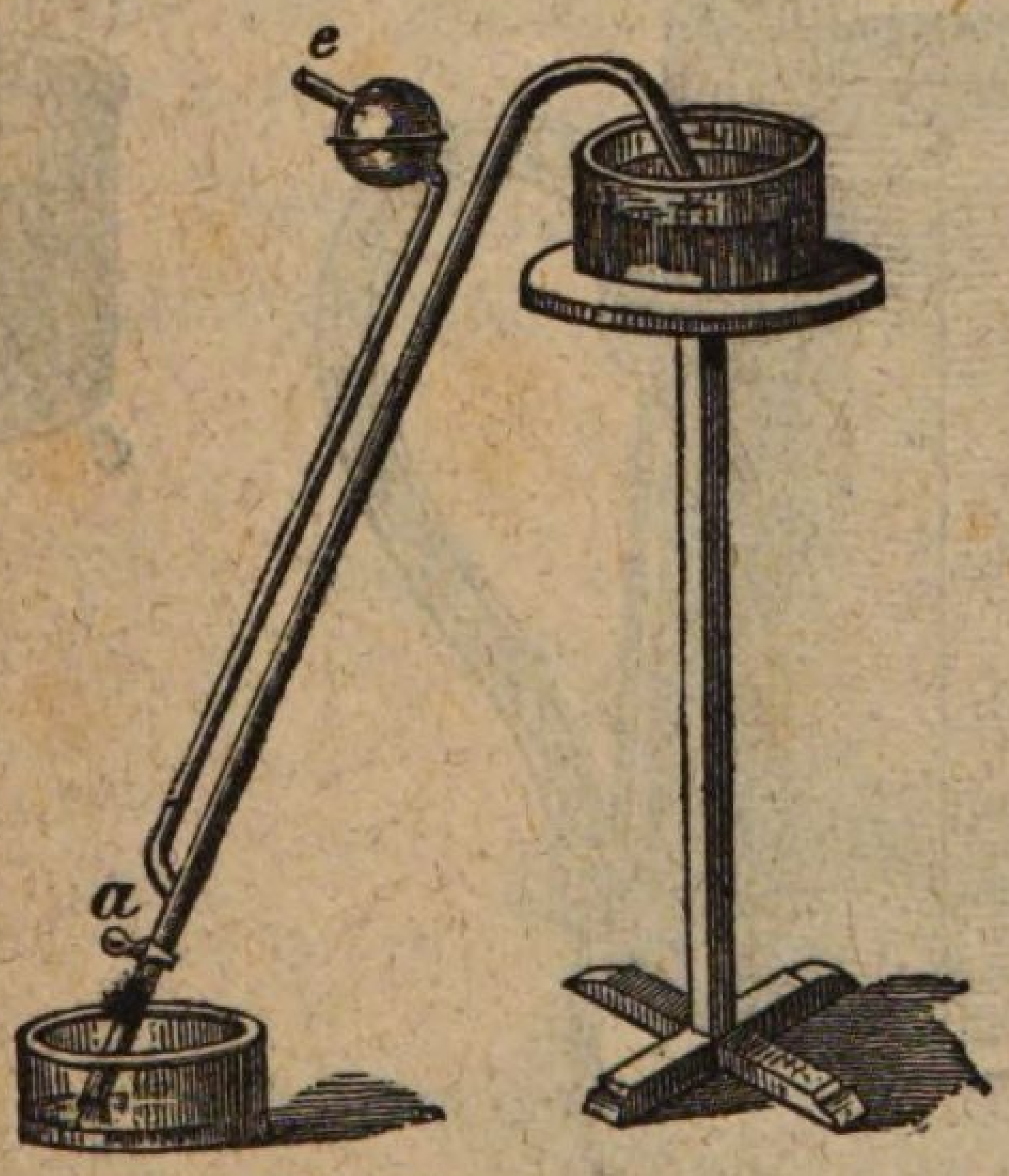
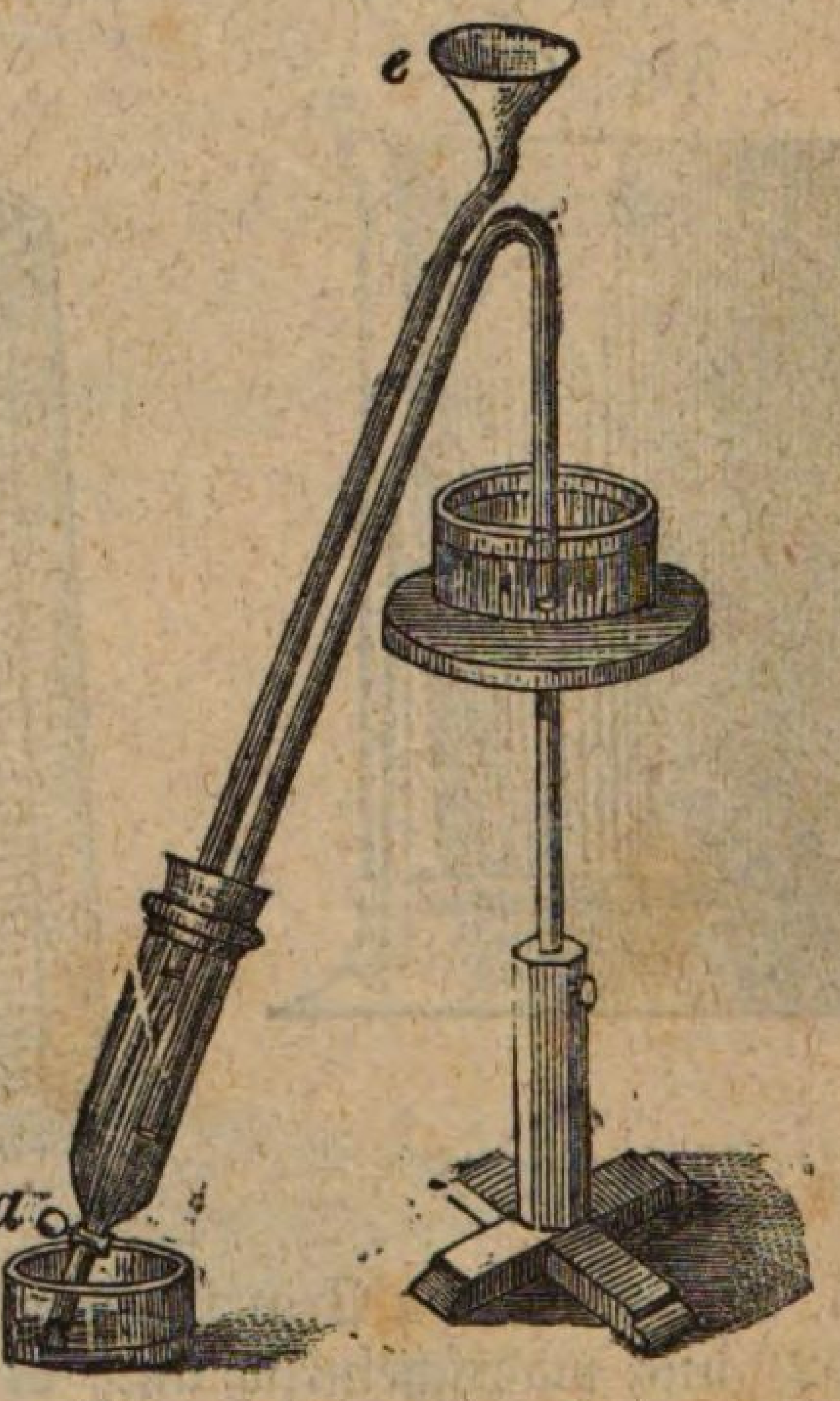


Fig. 247 b.



Beispiele. 1. Der Heber wird zum Ueberleeren der Flüssigkeiten aus einem Gefäß ins andere gebraucht. Man füllt ihn, (Fig. 247, a) durch Saugen an dem Ende a oder bequemer an dem Ende e, nachdem man a mit einem Pfropf, Hahn rc. geschlossen hat. Dadurch wird verhindert, daß von der Flüssigkeit etwas in den Mund dringt, was bei schädlichen Flüssigkeiten z. B. Säuren gefährlich wäre. Dieses Geräth heißt Giftheber. — Wozu die obere Kugel?

2. Noch besser ist der in Fig. 247, b dargestellte Heber. Man schließt die Oeffnung bei a, und füllt das Instrument bei e durch Eingießen von jener Flüssigkeit, welche man überleeren will. Oeffnet man die Oeffnung bei a, so beginnt die Heberwirkung. — Heber aus Glas mit eingeriebenen Glashähnen.

Fig. 248.

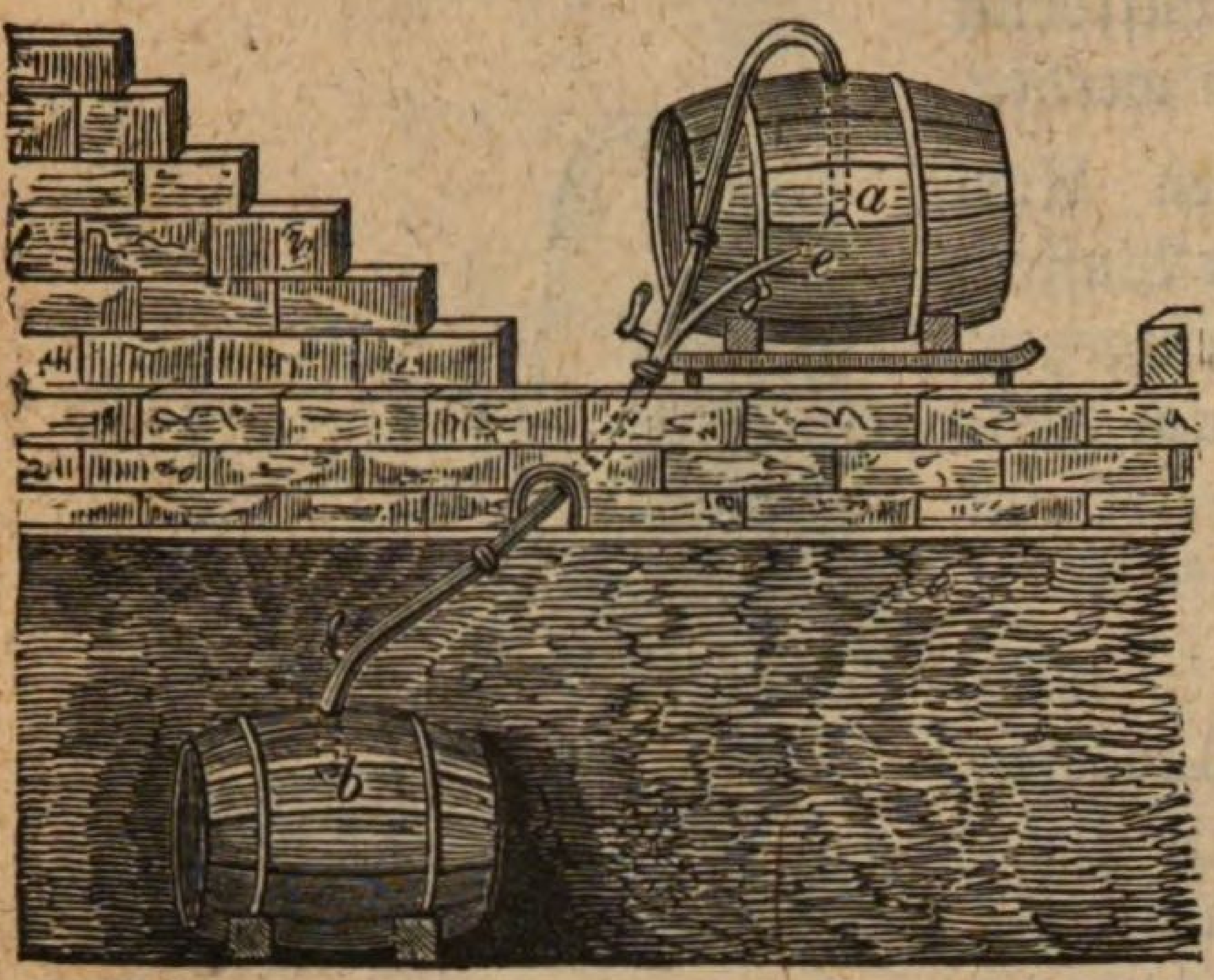
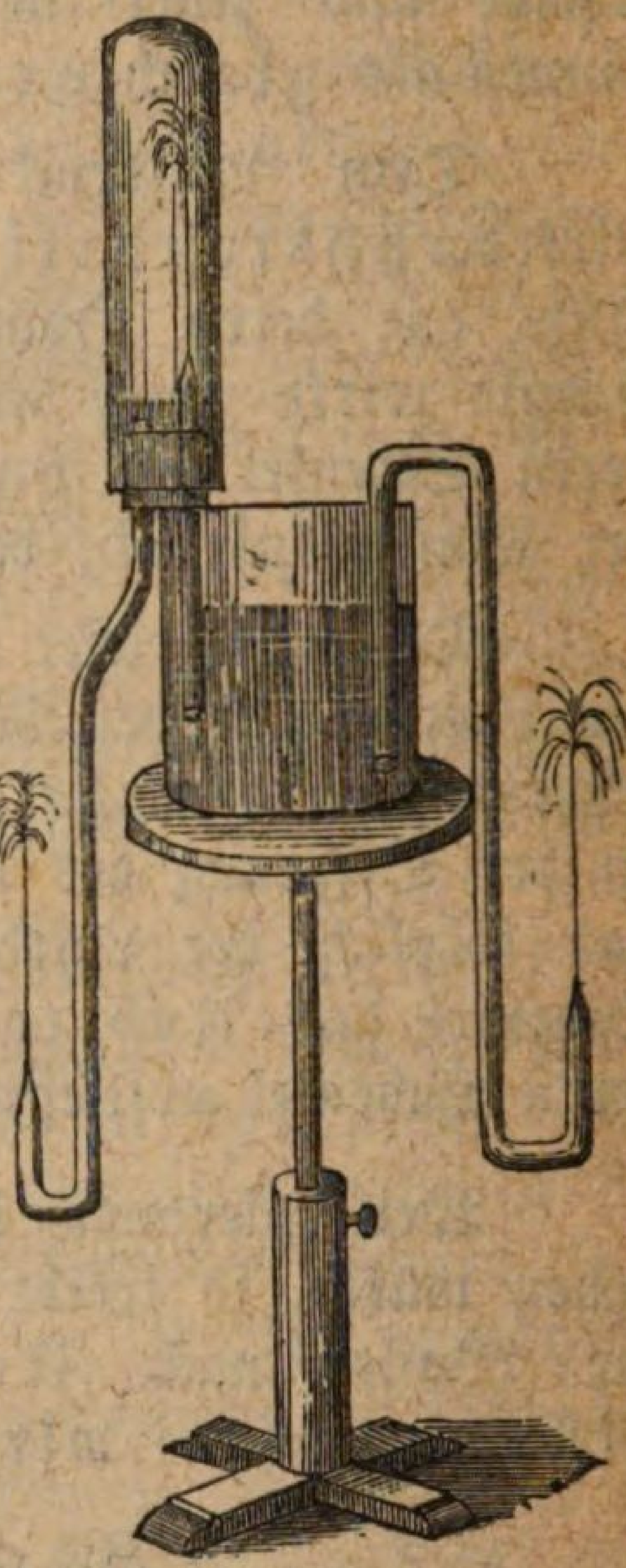


Fig. 249.



3. Fig. 248 zeigt die Anwendung des Hebers im Wirthsgeschäfte und Fig. 249 bringt zwei Heber-Springbrunnen.

4. Liegt an den in Fig. 250 und 251 dargestellten Bechern die Oberfläche des Wassers mit dem Scheitelpunkte des Krummhebers in einer und derselben Höhe; so fängt das Ausfließen erst dann an, wenn der Becher derart geneigt wird, daß die Flüssigkeit den Gipfelpunkt des Hebers etwas überragt. Damit wird mancher Scherz getrieben, daher dieses Instrument Vexirbecher heißt.

Fig. 250.

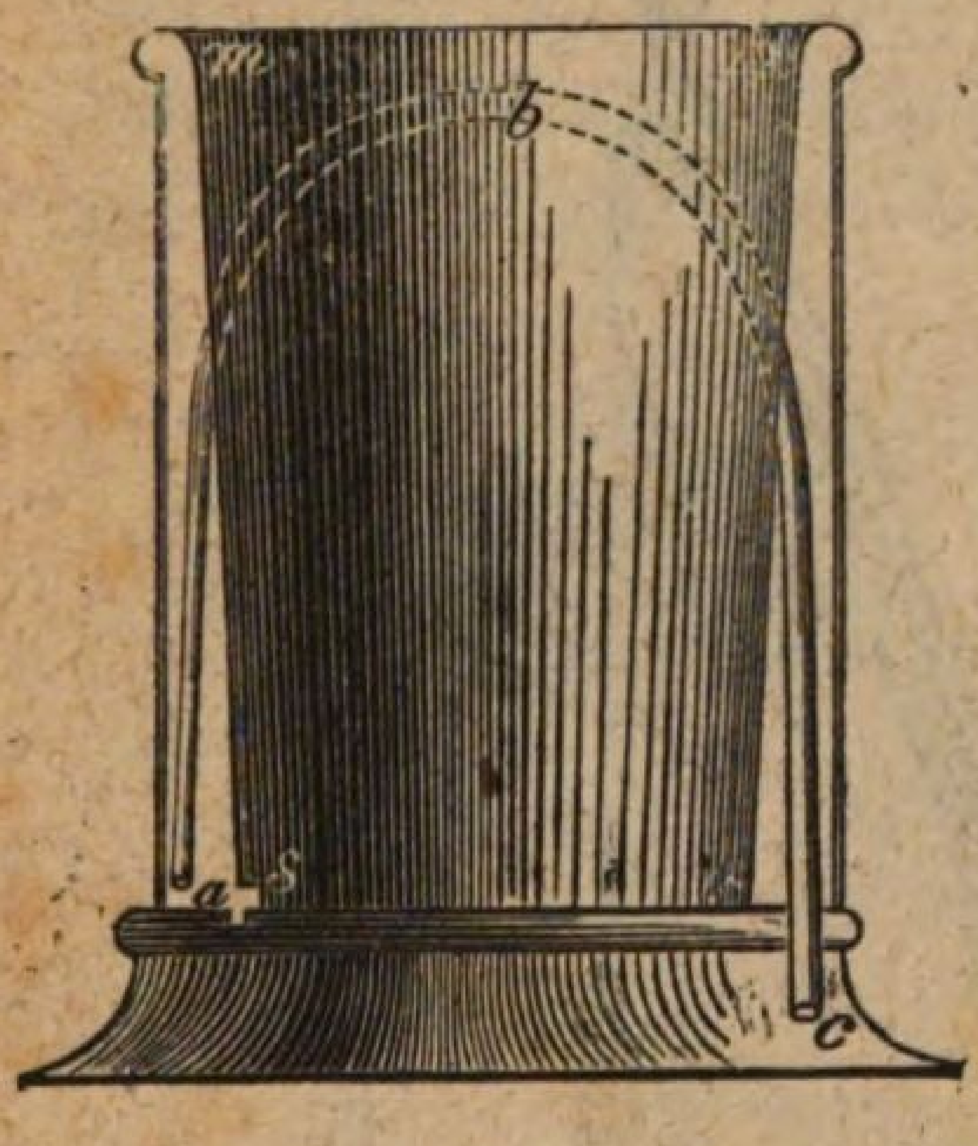


Fig. 251.

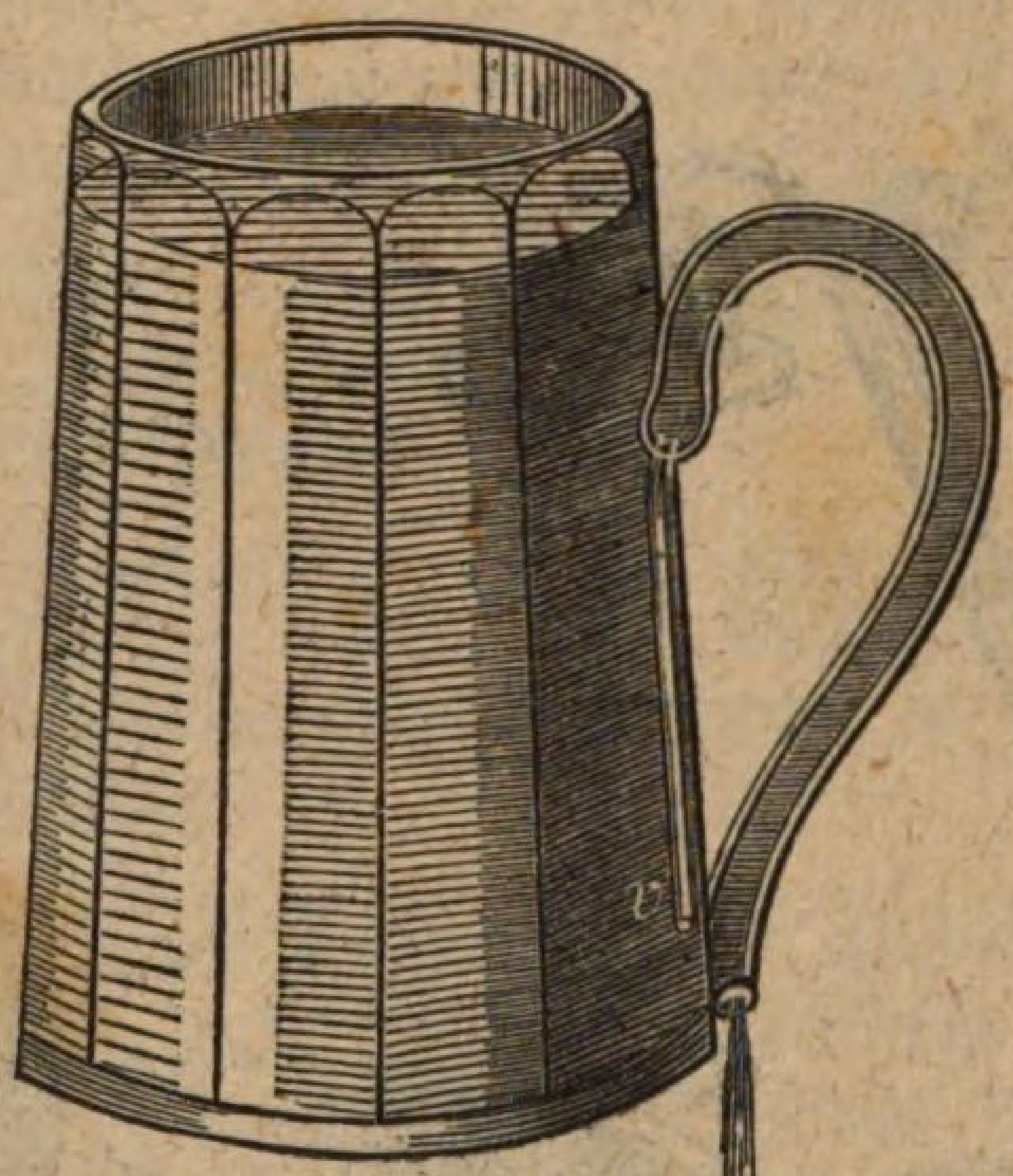
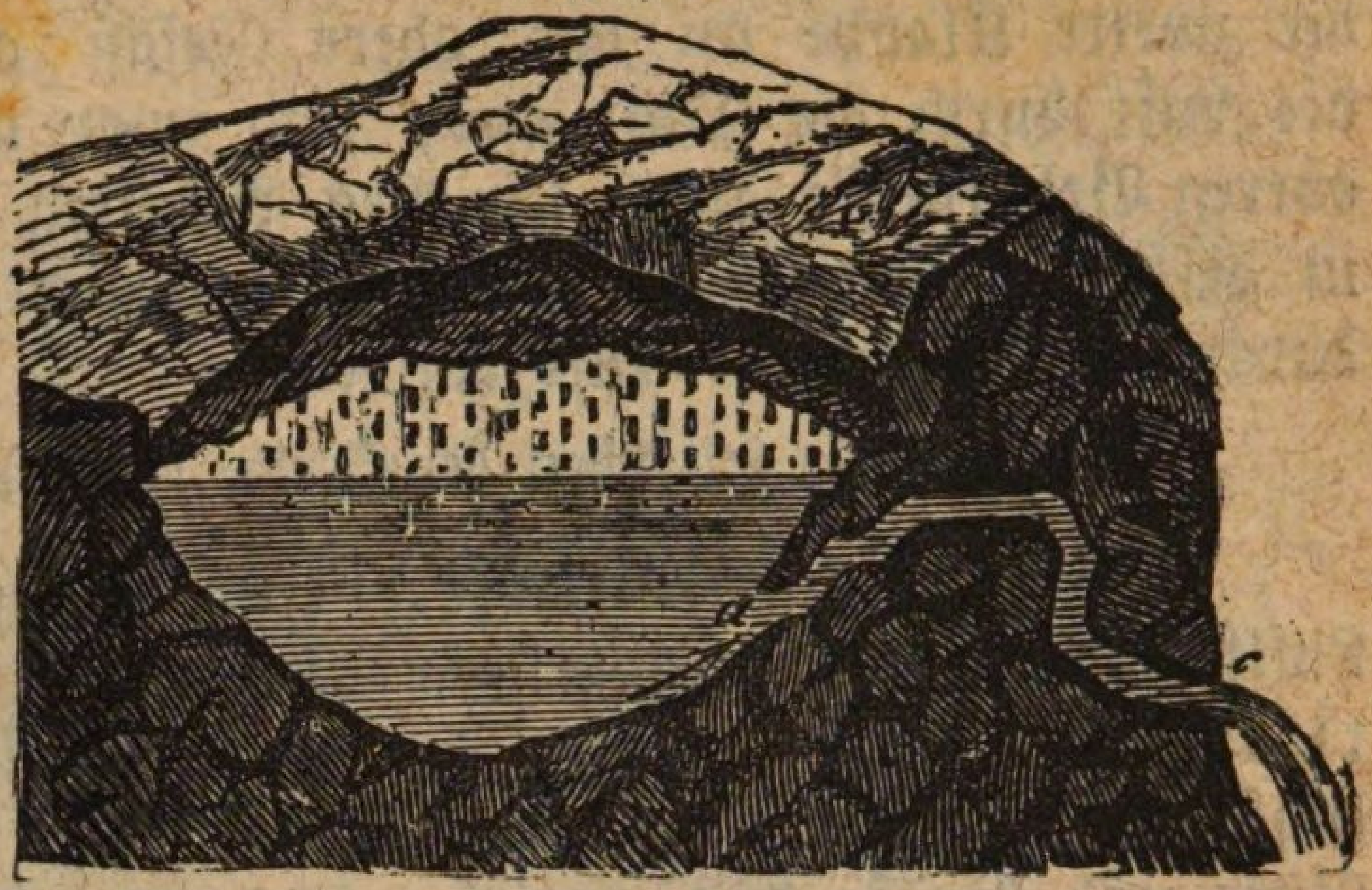


Fig. 253.



5. Auf demselben Principe beruhen die periodischen Brunnen oder Hungerbrunnen (Fig. 252) und wahrscheinlich auch die Erscheinung am Zirknitzer See. Ist nämlich der Wasserbehälter durch den von Natur gebildeten Heber ac ausgeflossen, so kann das Fließen nicht eher wieder beginnen, als bis das von der Oberfläche in den Behälter eindringende Wasser eine Höhe erreicht hat, welche den Scheitel des Krummhebers bedeckt. Dann aber fließt alles Wasser bis zum kurzen Heberschenkel aus. Hiemit ist erklärt, wie eine neue Quelle bei c nur von Zeit zu Zeit Wasser spenden könne. — Canal von Languedoc.

Fig. 252.



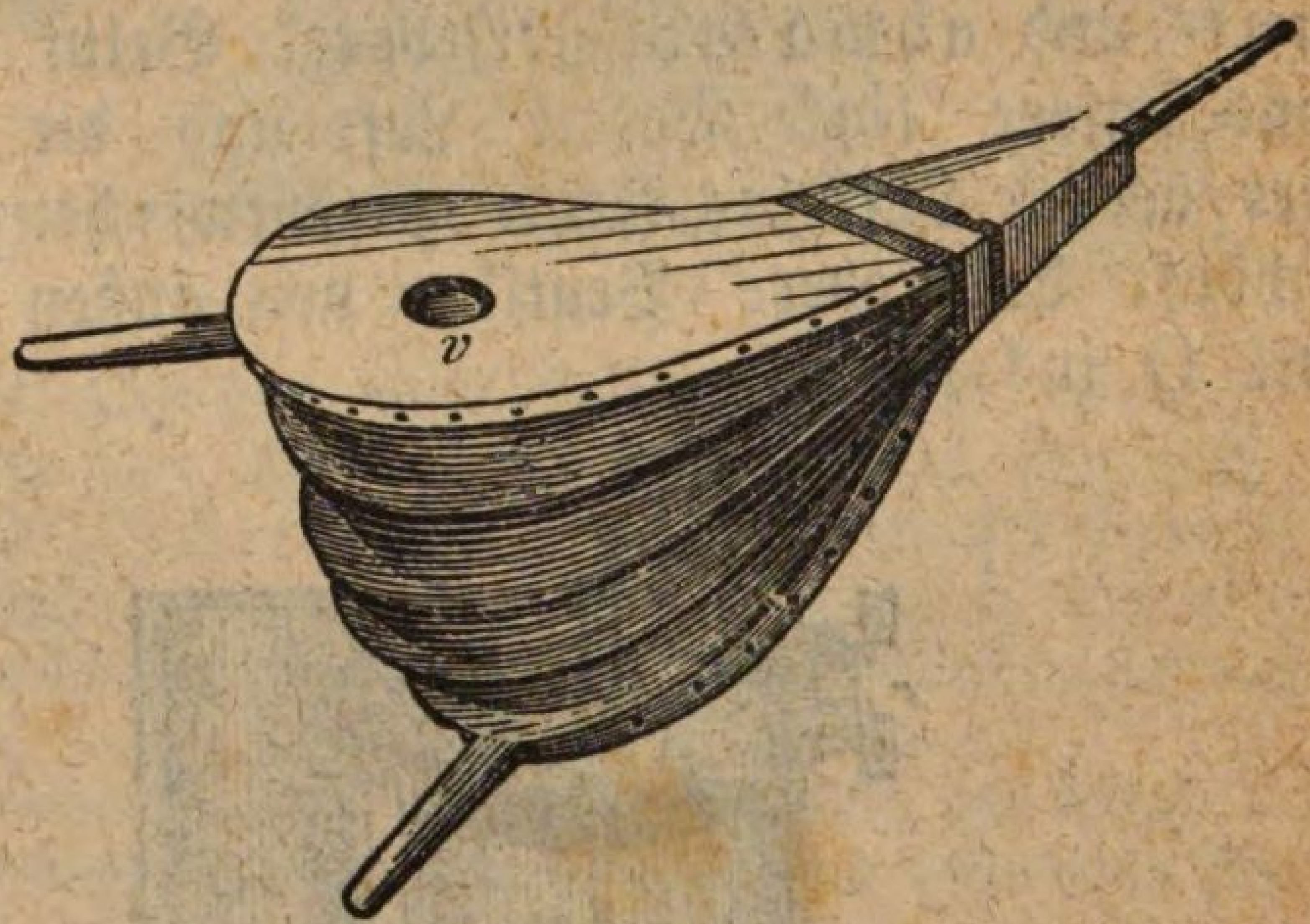
Fragen. 1. Wird ein Heber noch seine Wirkung äußern, wenn dessen oberster Punkt über $10^1/_3$ Meter vom Wasserspiegel entfernt ist?

2. Ist es möglich, vermittels eines Krummhebers Wasser über Berge zu leiten?

3 Man kann vermittels eines Hebers eine Flüssigkeit, die sich unter einer minder dichten befindet, leicht abzapfen; wie so?

4. Eine Filtrirkohle (§. 43) an einem Heber aus Kautschuckrohr (Fig. 253) kann auf Reisen treffliche Dienste leisten; in welcher Beziehung?

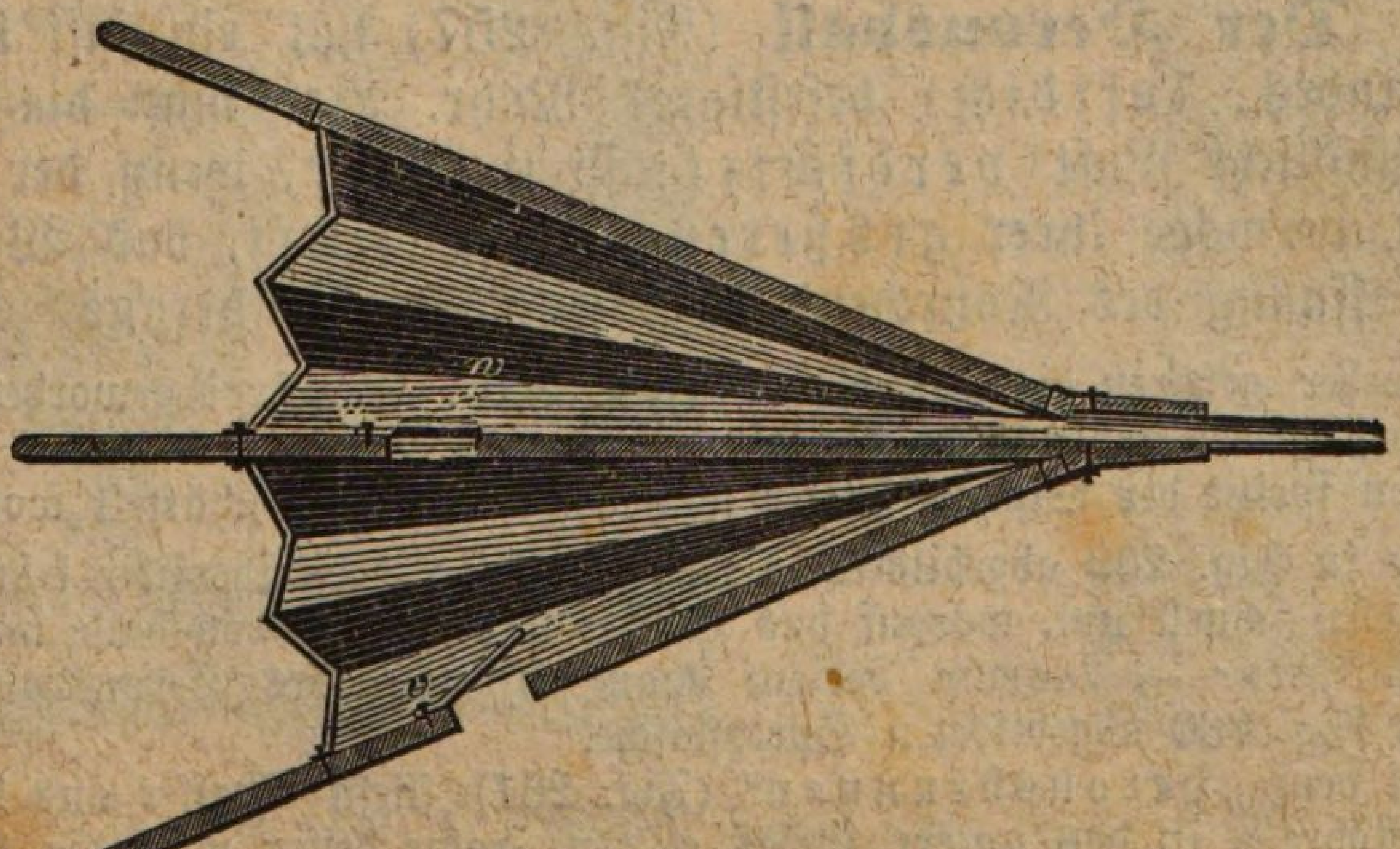
Fig. 254.



337. **Einfacher Blasebalg.** Zieht man den einfachen Blasebalg (Fig. 254) auf, so wird die in seinem Innern enthaltene Luft verdünnt. In Folge dessen öffnet die äußere Luft, vermöge ihrer nun größeren Spannkraft, die nur nach innen aufgehende Klappe und dringt in den Blasebalg. Drückt man den Blasebalg zusammen, so wird die in demselben befindliche Luft zusammengepreßt. Sie schließt daher die Klappe und entweicht durch die offene Röhre oder „Düse". Dieses Instrument bläst nur während des Zusammendrückens, mithin unterbrochen, nnd schöpft auch während des Aufziehens bei der Düse Luft.

338. **Der zusammengesetzte Blasebalg** (Fig. 255) besteht aus zwei Behältnissen, von denen das untere, wenn man es erweitert,

Fig. 255.



die Luft von außen schöpft, und wenn man es zusammendrückt, durch die zweite Klappe an das obere Gefäß abgibt. Von hier strömt dann die Luft durch die Düse aus, und zwar ununterbrochen, wenn dem oberen Behältnisse durch schnelles Arbeiten mehr Luft zugeführt wird, als in derselben Zeit durch die Düse entweicht. Bei diesem Instrumente kann durch die Düse keine Luft eintreten.

Den Blasebalg soll schon der Scythe Anacharsis 600 v. Chr. erfunden haben.

339. **Die Gebläse.** Für Schmelzöfen hat man regelmäßige Luftströmungen im großartigen Maßstabe nothwendig, welche durch Vorrichtungen erzielt werden, die man Gebläse nennt. Eines der vorzüglichsten ist das Centrifugal-Gebläse (Fig. 169). Dem zunächst steht an Güte und Größe das Cylinder-Gebläse (Fig. 256). Bei demselben wird durch Wasser- oder Dampfkraft der Stempel in dem Cylinder luftdicht auf- und abwärts getrieben. Beim Hinaufgehen des Kolbens schöpft das untere linke Ventil Luft und die obere rechte Klappe R gestattet der oberen Luft ins Feuer zu entweichen; beim Niedergang des Stempels schöpft das obere Ventil r von außen Luft und die untere Luft dringt bei O ins Feuer.

Fig. 256.

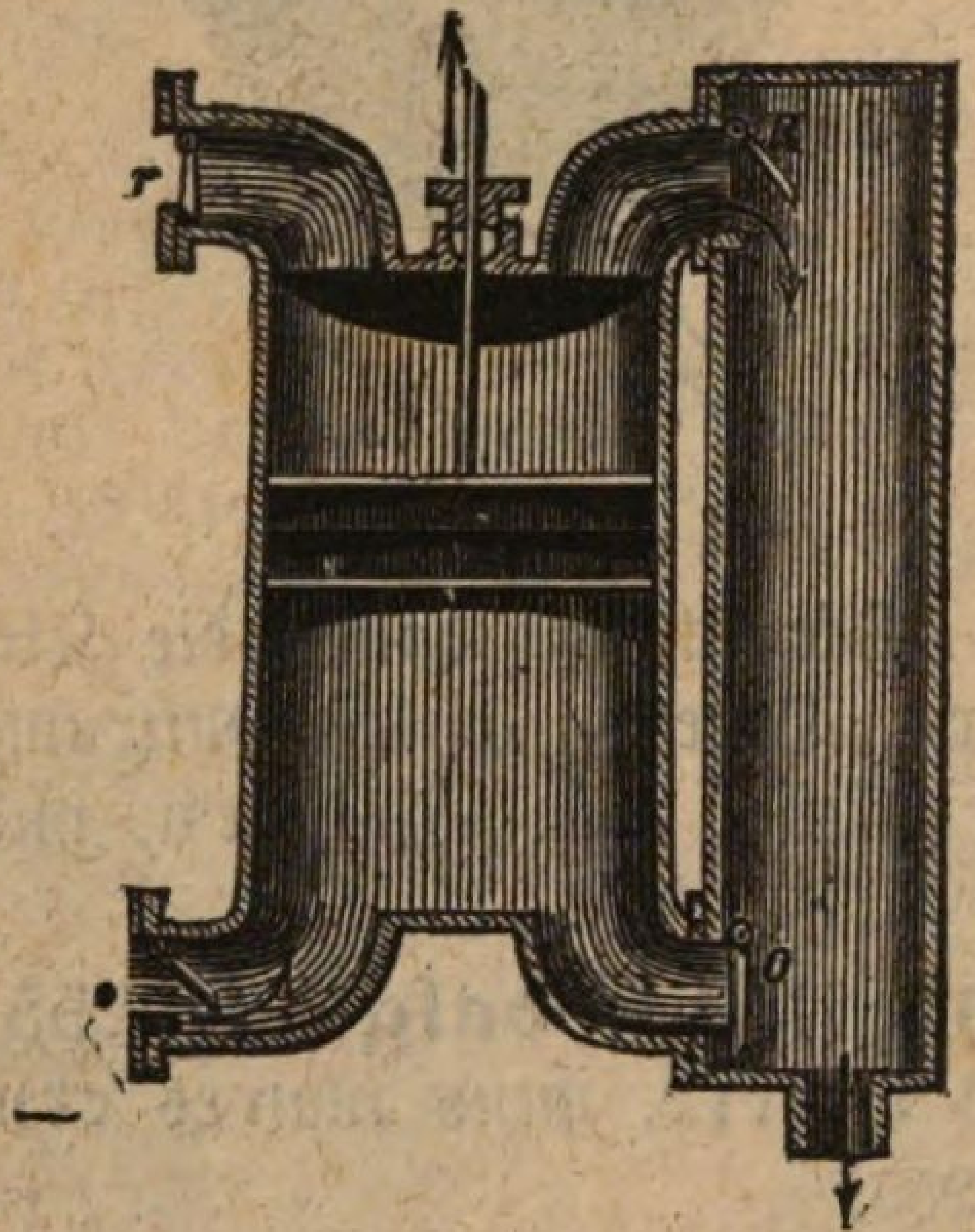


Fig. 257.



340. **Der Heronsball** (Fig. 257) hat ein fast bis an den Boden gehendes, luftdicht befestigtes Rohr. Hat man die über dem Wasser befindliche Luft verdichtet; so treibt sie, wenn der Hahn geöffnet wird, vermöge ihrer größeren Spannkraft, das Wasser durch die enge Oeffnung des Röhrchens in einem Strahle heraus.

1. Hierher gehören die „Siphons“ (Fig. 258). Die frei gewordene oder dem Sodawasser befindliche Kohlensäure bewirkt den Druck.
Warum spritzt der Siphon stärker nachdem er etwas geschüttelt worden ist?

2. Die in Fig. 259 abgebildete Spritzflasche der Chemiker kehrt man nach dem Hineinblasen schnell um, worauf das Wasser wie beim Heronsballe herausspringt. Wozu das Umkehren? — Warum bedient man sich nicht des Heronsballes? — Gebrauch der in Fig. 260 abgebildeten Spritzflasche.

3. Bei dem „Heronsbrunnen“ (Fig. 261) fließt Wasser aus der Schüssel s durch die Röhre a in das untere Gefäß o. In Folge dessen wird die Luft von da durch die Röhre r über das Wasser des Heronsballes m getrieben. Dadurch wird

hier die Luft *verdichtet*, und der Heronsball beginnt zu spielen. -- Anfertigung kleiner Heronsbrunnen aus zwei Flaschen. Eine solche Vorrichtung wurde von *Höll* im Jahre 1753 zum Entwässern von Bergwerken angewendet.

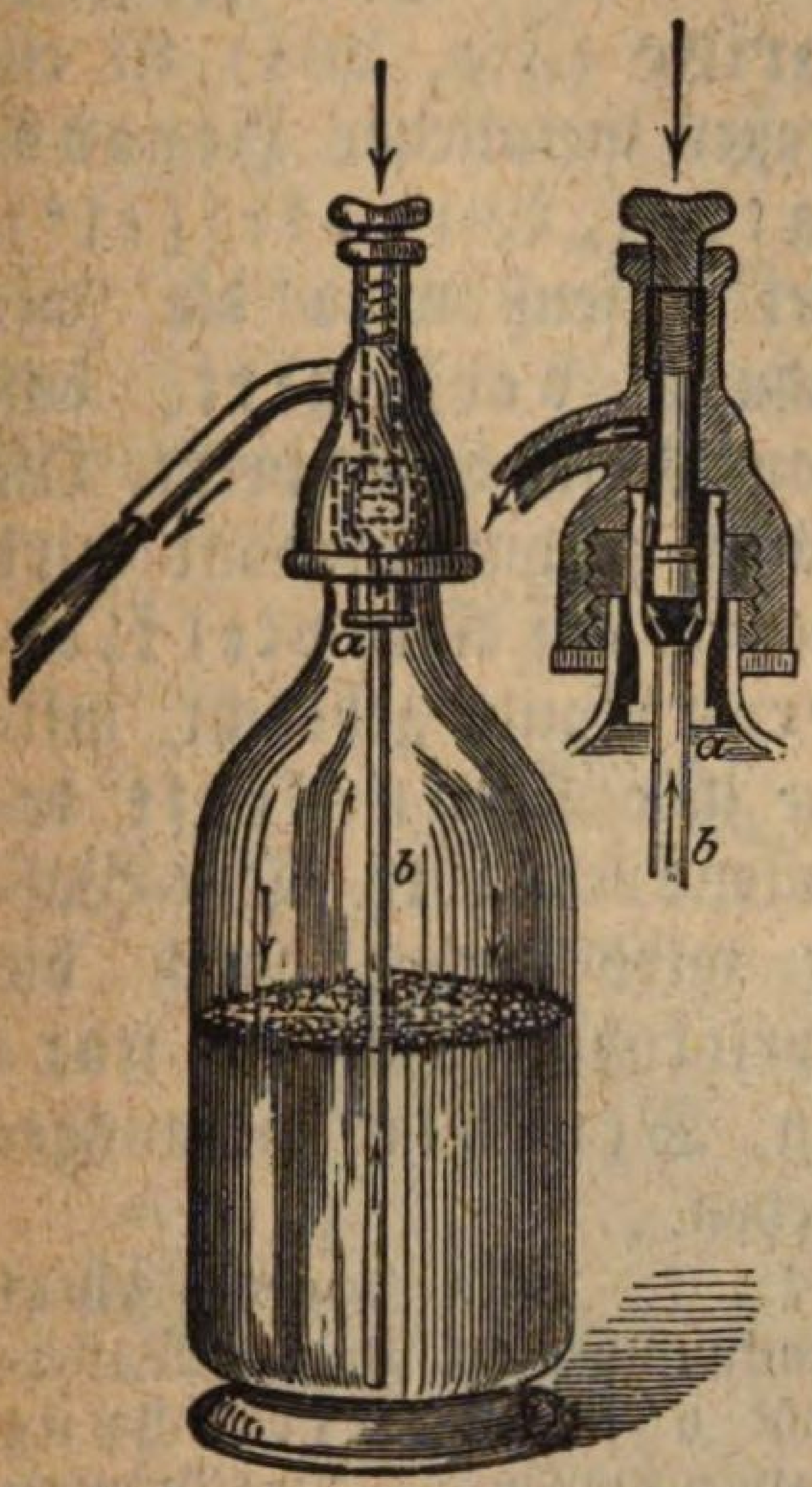


Fig. 258.



Fig. 259.

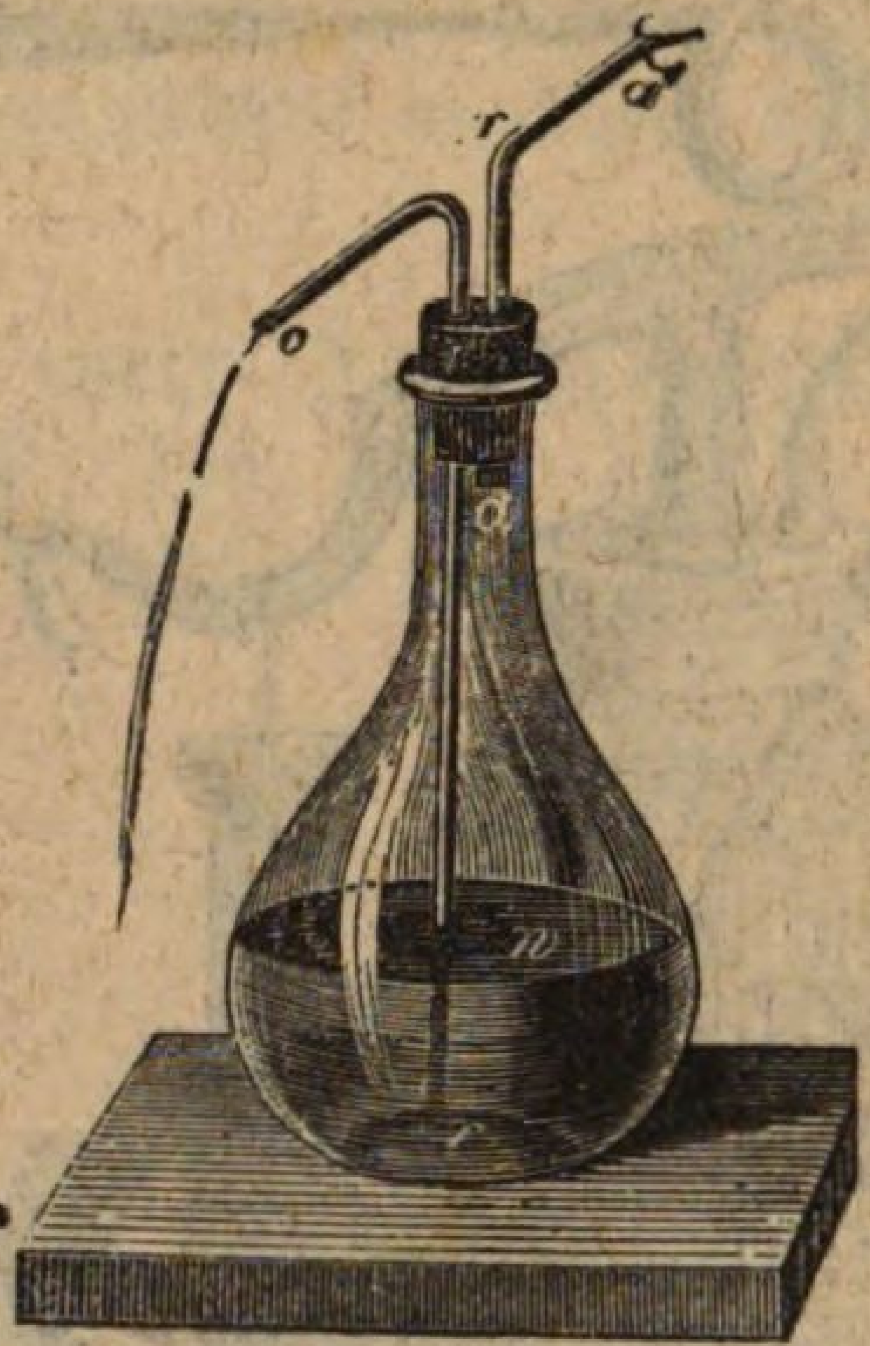


Fig. 260.

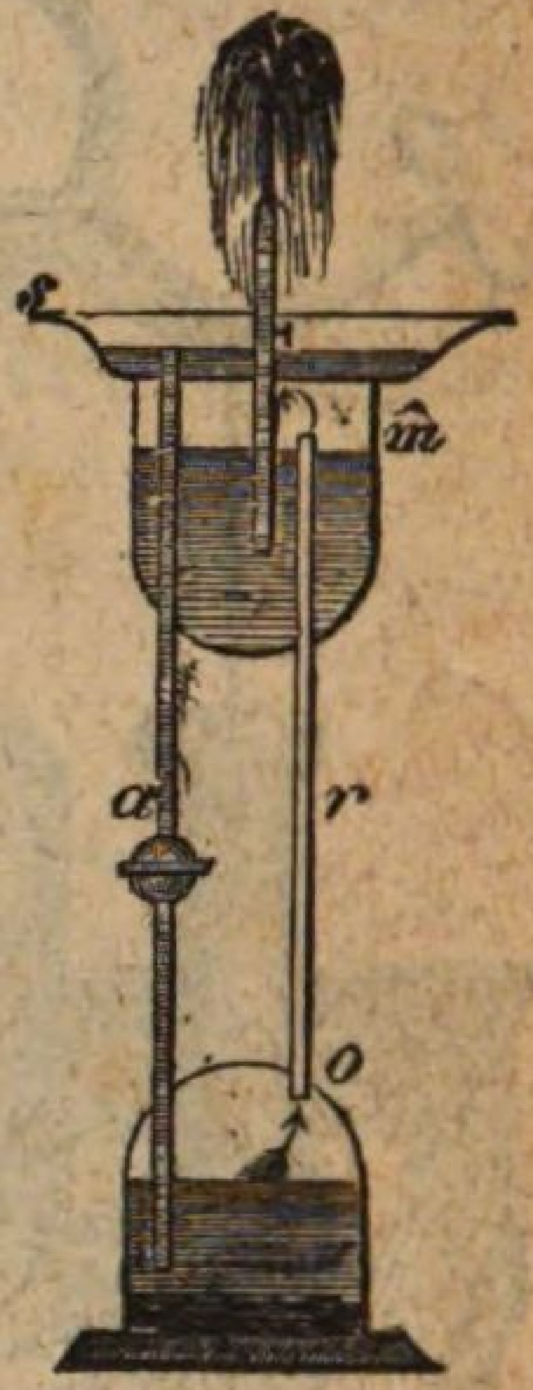


Fig. 261.

4. Erwärmt man einen Heronsball, so fängt er zu spielen an. Hierauf beruhte der außer Gebrauch gekommene „*Lichterbrunnen*", bei dem der Heronsball von Kerzenflammen umgeben war, wodurch sein Wasser zu springen begann. — Die „*Feuerfontaine*". — *Savary's* alte Wasserhebmaschine mittels Dampf (1699).

5. Hierher gehören einige Caffeemaschinen (Fig. 262 und 263), bei welchen der durch Erhitzung des Wassers W entstehende Dampf D das unter ihm befindliche Wasser durch die Heronsröhren zum Caffee K treibt. — Nörremberg 1827.

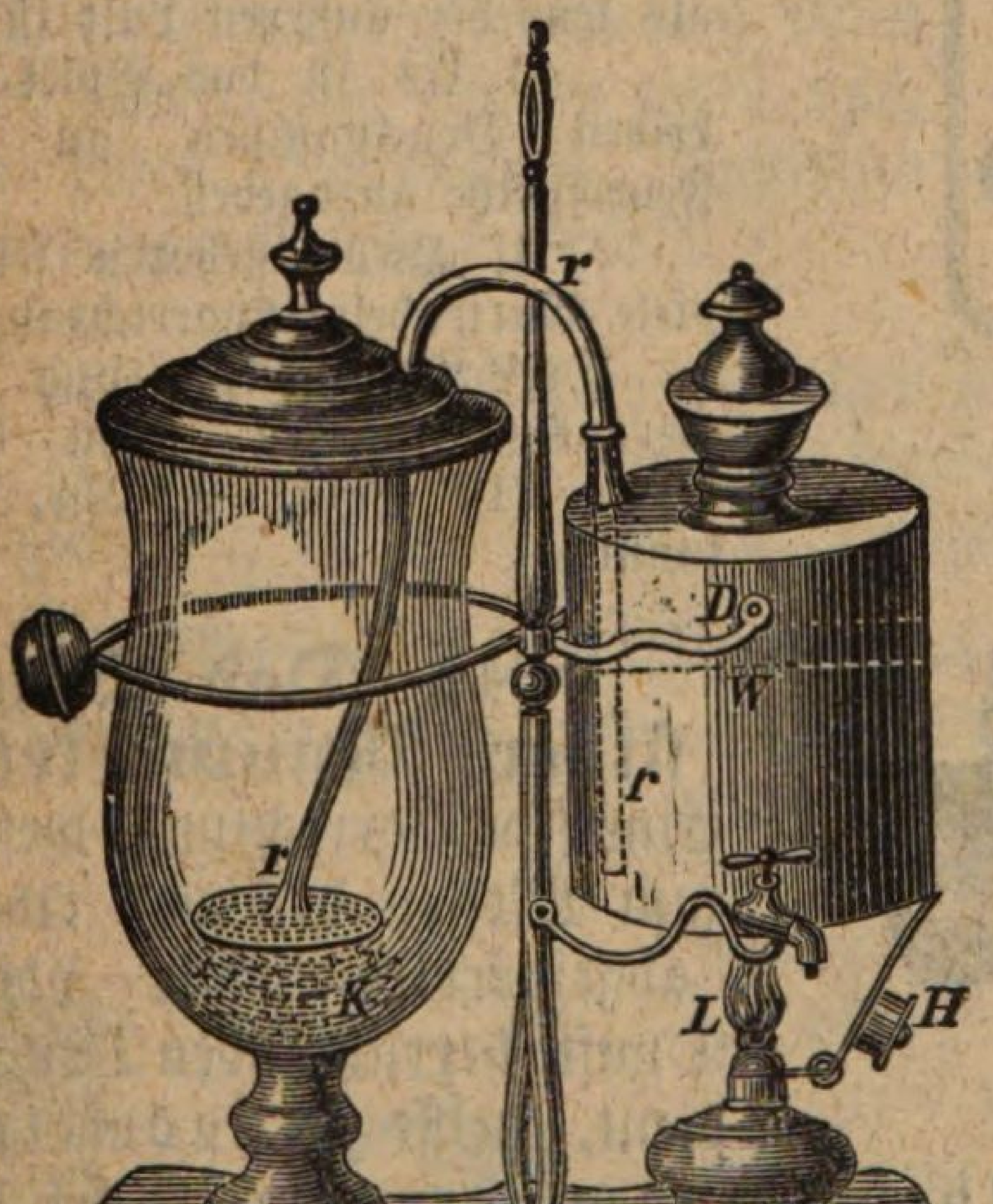


Fig. 262.

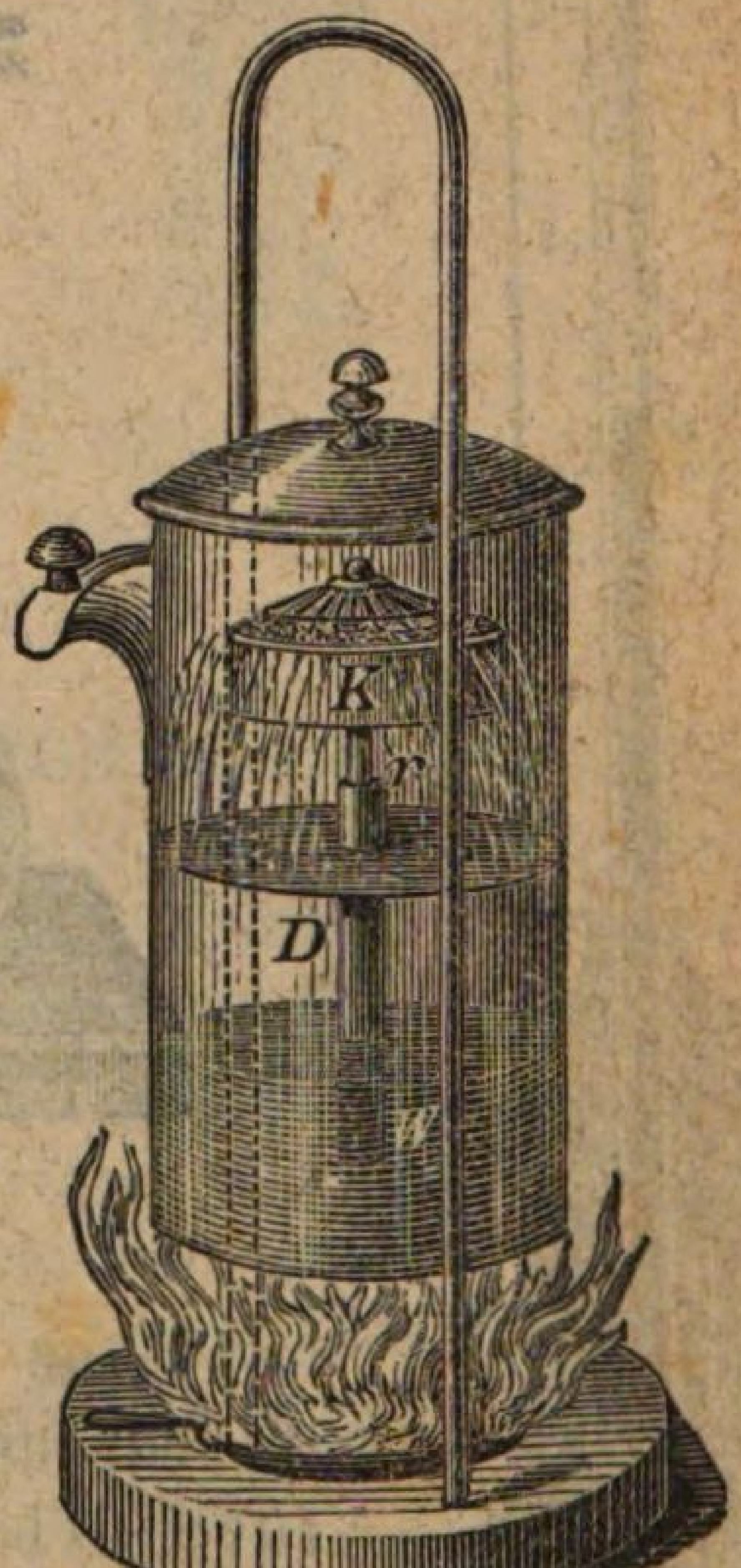
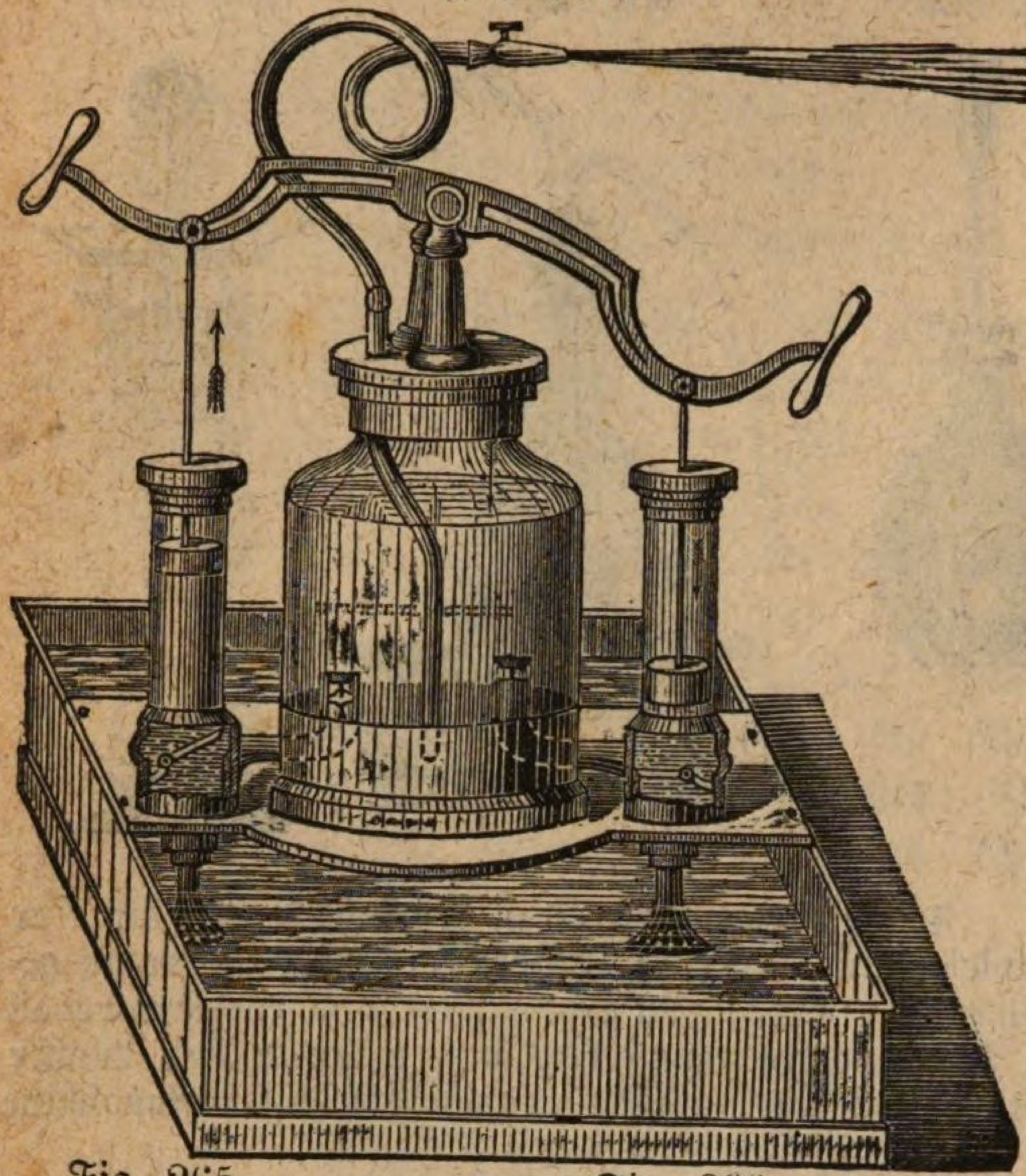


Fig. 263.

6. Sobald (Fig. 262) das Gefäß W sich leert, erhebt es sich und der Deckel H löscht die Lampe aus; warum beides? Nach einiger Zeit steigt der fertige Caffee : das Gefäß W zurück; wie so?

7. Die Maschine in Fig. 263 besteht aus Blech; sie wurde jedoch hier, um das Innere zu zeigen, durchsichtig dargestellt; sie ist zum Ausgießen sehr bequem; wie so?

Fig. 264.



341. Die Feuerspritze (Fig. 264) ist ein großer metallener Heronsball („Windkessel"). Bei diesem wird die Luft dadurch verdichtet, daß man Wasser hineinpreßt. Die früher vorhandene Luft wird dadurch auf einen viel kleineren Raum gebracht, mithin ihre Spannkraft bedeutend vermehrt. Das Wasser wird daher durch die Spritzröhre in einem starken Strahle herausgetrieben.

1. Man wendet zwei Druckpumpen an, um den Wasserstrahl ohne Unterbrechung herauszupressen. — Das Pumpen mittels Dampf. — Dampfspritzen.

2. Wie hoch sollte der Wasserstrahl einer Feuerspritze steigen, wenn die Dichte der Luft im Windkessel doppelt so groß als jene der äußeren Luft ist?

3. Es ist das Spiel der beiden Druckpumpen an der Feuerspritze anzugeben.

4. Hieher gehören ferner viele Gartenbespritzvorrichtungen. — Der Krummheber und der Heronsball waren schon dem Hero 210 Jahre v. Chr. bekannt.

Fig. 265.

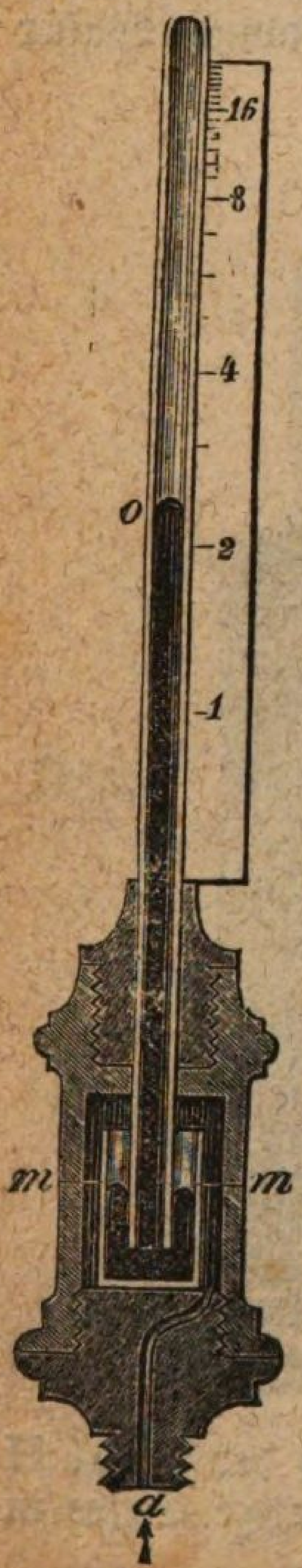


Fig. 266.



342. Das Quecksilber-Manometer. Eine jede Vorrichtung, welche zum Messen des von einem abgesperrten Gase oder Dunste herrührenden Druckes dient, heißt Manometer.

Das Quecksilber-Manometer (Fig. 265) beruht darauf, daß die oberhalb o befindliche, durch die Quecksilbersäule om abgesperrte Luft bei einem auf m ausgeübten 2, 3, 4....n fach größeren Druck einen 2, 3, 4....nfach kleineren Rauminhalt einnimmt. Man kann also aus dem bei der Theilung (Scale) abgelesenen

Stande des Quecksilbers die Größe des bei m wirkenden Dampf- oder Gasdruckes erkennen.

1. Bei Welters Sicherheitstrichter (Fig. 266) schließt man aus der Bewegung der Flüssigkeit awr auf die Spannkraft der sich entwickelnden Gase im Glasballon; wie das? Nutzen dieses Sicherheitstrichters? — Woher sein Name?

2. Der fast bis an den Boden reichende Trichter ss in Fig. 227 bei der Flasche G ist ebenfalls eine Sicherheitsröhre; wie so?

343. **Dosen-Manometer mit dampferfüllter Röhre** nach Bourdon. Je größer (Fig. 267) der Druck des in der blechernen Krummröhre enthaltenen Dampfes ist, desto mehr rollt sich die Röhre

Fig. 267.

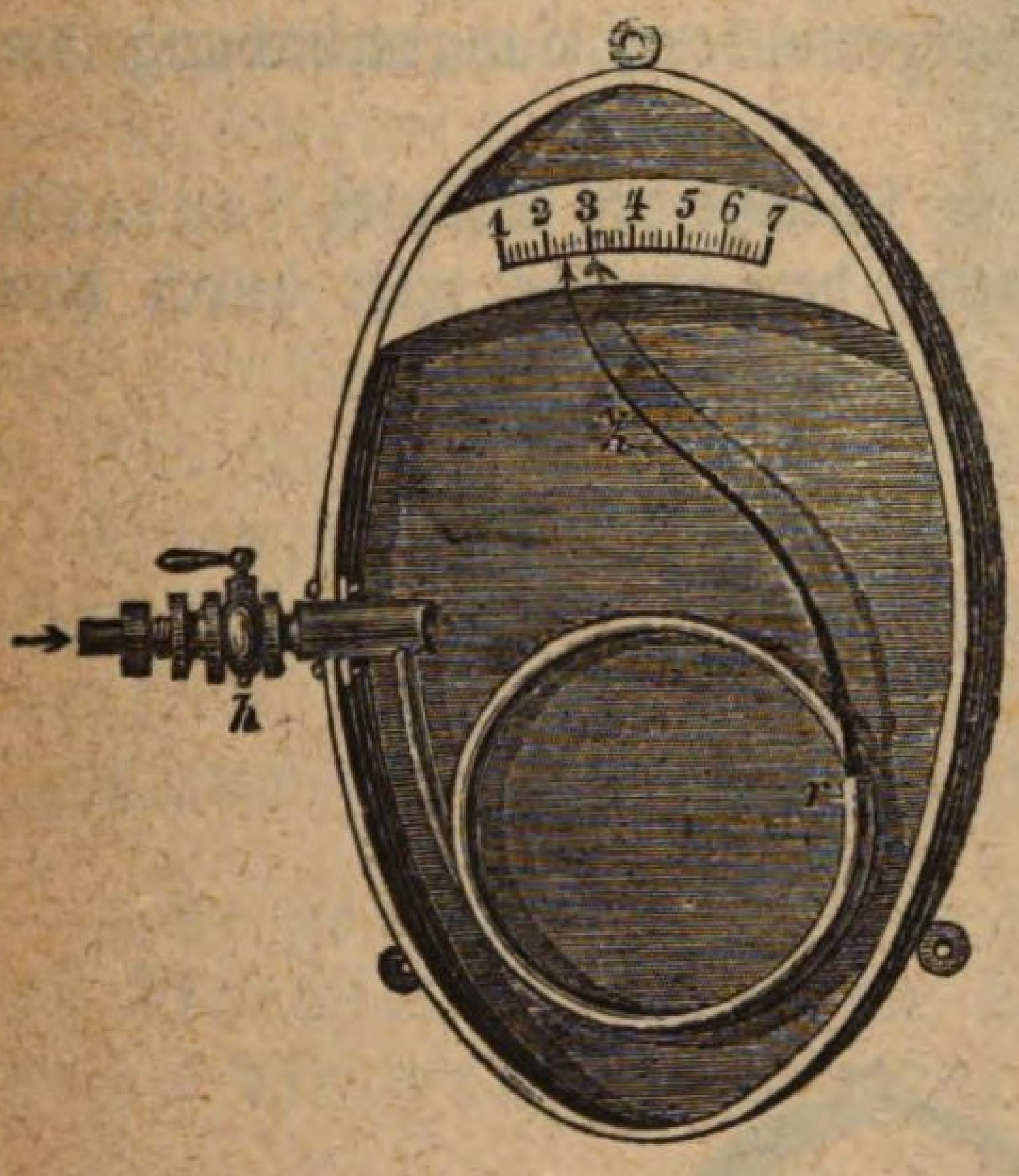
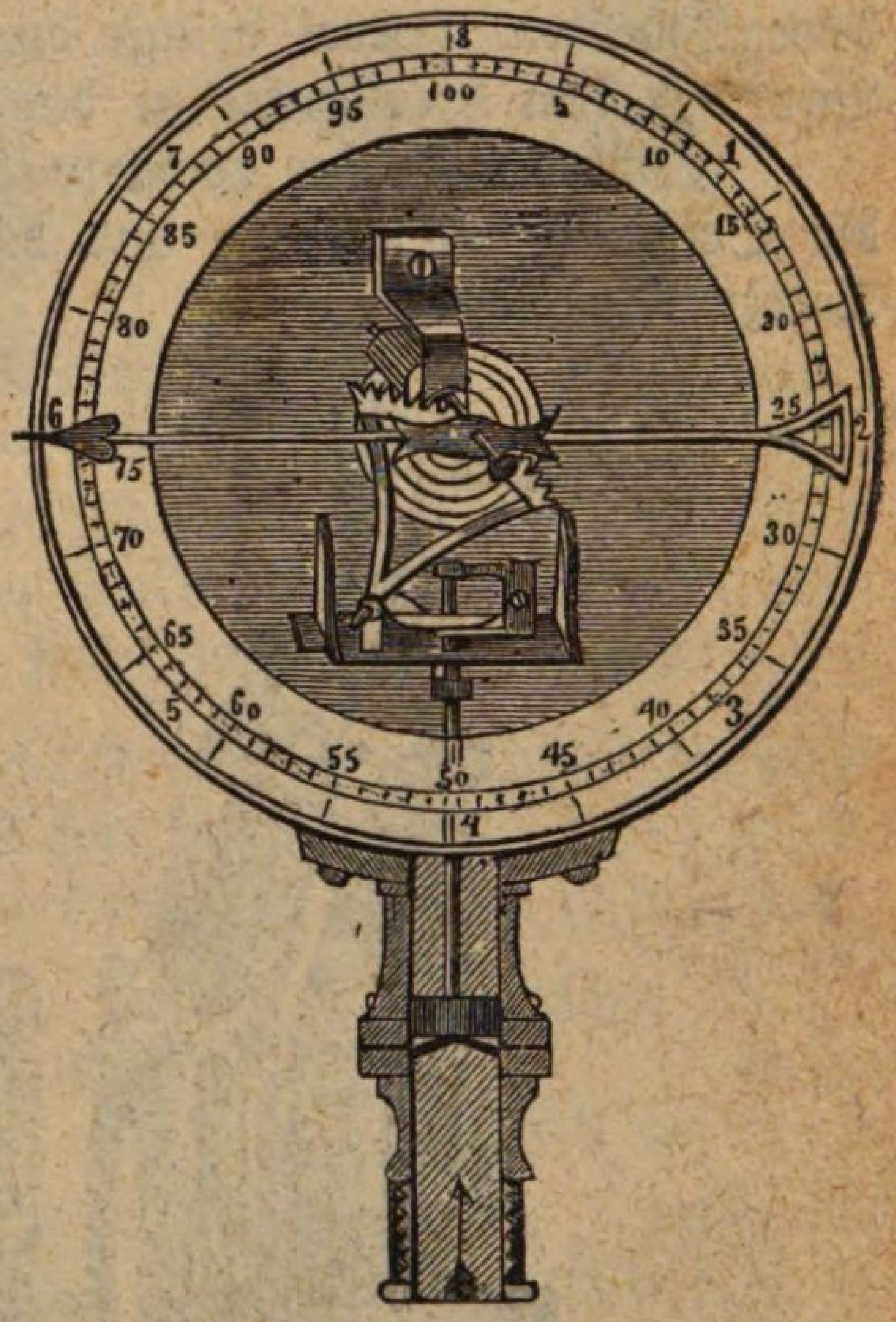


Fig. 268.

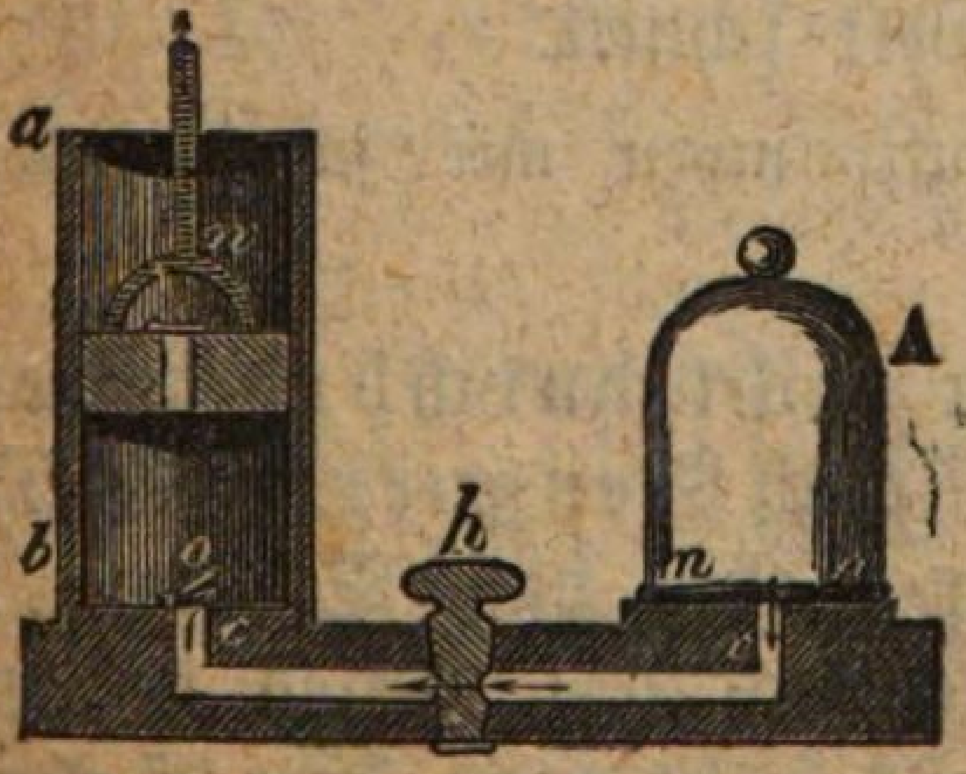


auf. Diese Bewegung wird auf einen Zeiger übertragen, der an einer, nach einem guten Manometer, empirisch angefertigten Theilung spielt.

344. **Dosen-Manometer mit Platte** sind jene, bei welchen (Fig. 268) der Dampf auf eine biegsame Platte wirkt, von wo aus die Bewegung auf ein Zeigerwerk übertragen wird.

345. **Princip der Verdünnungs-Luftpumpen. — Ventil-Luftpumpen.** Bei dem Instrument in Fig. 269 sitzt ein Glassturz oder „Recipient" A auf dem „Teller" mn so, daß von außen keine Luft unter den Sturz dringen kann. Wenn der in dem „Stiefel" ab luftdicht bewegliche Kolben w auf- und abgeschoben wird, so tritt bei jedem Aufzuge des Kolbens ein Theil der Luft aus dem Glassturze in das Pumpenrohr und bei jedem Niedergange entfernt man sie aus demselben durch das Kolbenventil. Ein jedes Instrument, welches so zum Ver-

Fig. 269.



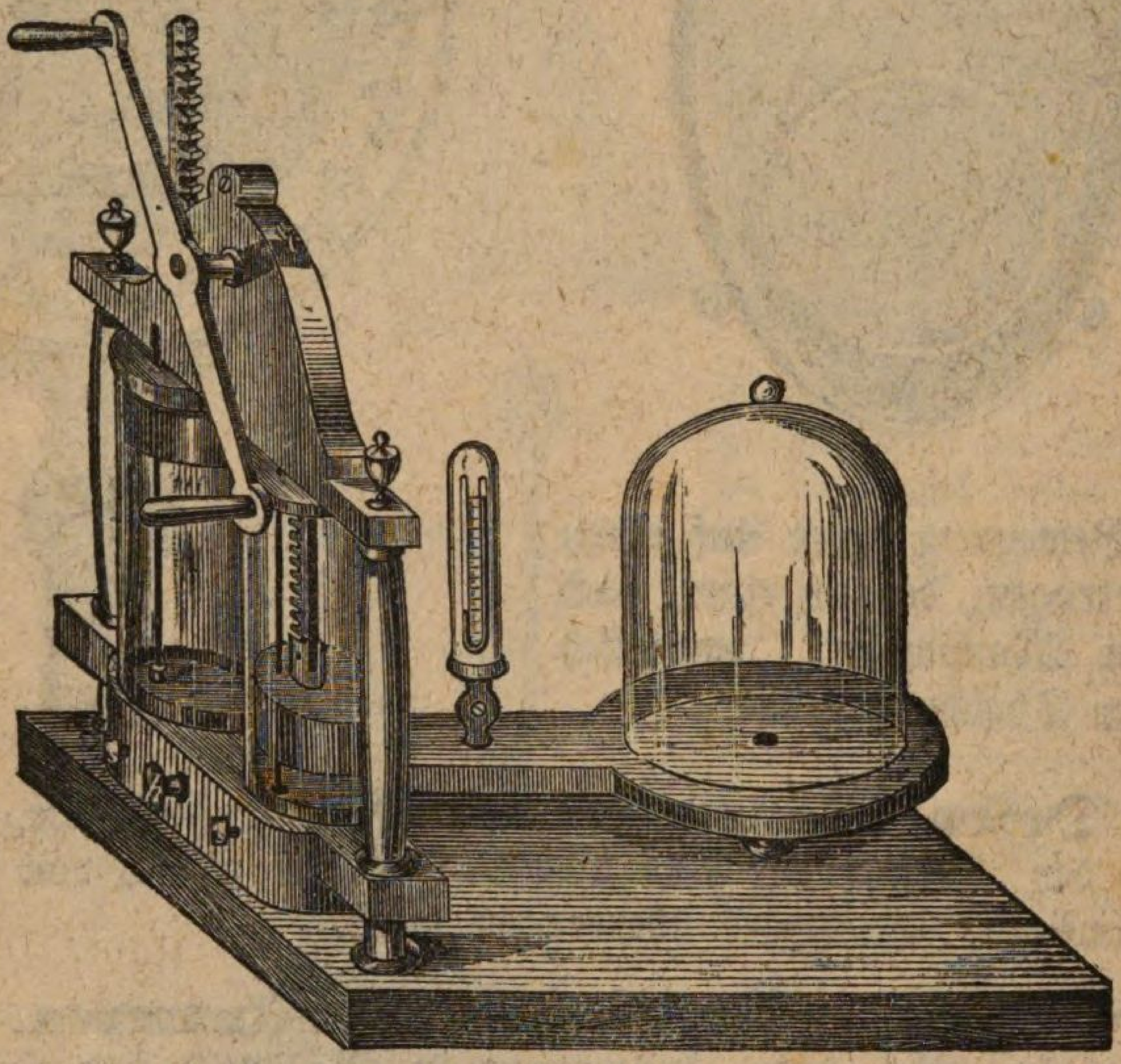
dünnen der Luft eingerichtet ist, heißt Verdünnungsluftpumpe oder Luftpumpe.

Um die Luft wieder in den Recipienten zu lassen, öffnet man den Hahn h.

346. **Die Stöpsel-Luftpumpe** nach Fortin. Wenn die Luft unter der Glasglocke schon mächtig verdünnt ist, so vermag sie das Ventil o (Fig. 269) nicht mehr zu öffnen. Dieser Uebelstand ist bei der Stöpsel-Luftpumpe (Fig. 270) vermieden. Zieht man den Kolben aufwärts, so wird auch der im Kolben luftdicht schließende Metallstab sammt dem kegelförmigen Stöpsel gehoben, aber nur um sehr weniges (1 Millimeter), weil der Stab sehr bald an die Decke des Stiefels stößt. Der Kolben selbst kann dann längs des Stöpselträgers aufwärts bewegt werden. Hiebei dringt durch die freigewordene Canalmündung die Luft aus dem Glassturze in den Stiefel.

Wird der Kolben abwärts gestoßen, so schließt der Stöpsel sogleich die Oeffnung des Canals, und die Luft unter dem Kolben tritt durch das Kolbenventil ins Freie.

Fig. 270.



347. **Zweistiefelige Luftpumpe.** Versieht man eine Luftpumpe mit zwei Stiefeln (Fig. 270), in denen der eine Kolben steigt, während der andere sinkt, so erfolgt die Verdünnung doppelt schnell.

Luftpumpen mit Schwungrädern, Rotations-Luftpumpen mit schwingenden Cylindern.

348. **Die Hahnluftpumpe** hat einen nicht durchbrochenen Kolben und einen Hahn mit zweierlei Bohrungen (nach Senguerd 1685).

Beim Emporziehen des Kolbens hat der Hahn die Stellung 1 (Fig. 271, a) und ein Theil der Luft wird aus dem Recipienten in den Stiefel treten. Für das Niederdrücken des Kolbens gibt man dem Hahn,

durch Drehung um einen Viertelkreis, die Lage 2 (Fig. 271 b), bei welcher die Luft in's Freie entweichen kann.

1. Das *lästige* Hin- und Herdrehen des Hahnes wurde zuweilen bei diesen *älteren* Luftpumpen durch eine *Selbststeuerung* vermieden. Letztere ist nicht verläßlich.

2. Erfinder der Luftpumpe ist *Otto v. Guericke* 1650. Sein Instrument war mit Hähnen versehen.

349. **Die Barometerprobe** (Fig. 271 a, bei p) ist ein in einer sehr schmalen Glasglocke eingeschlossenes, *gekürztes* Heberbarometer, welches mit dem Recipienten A denselben Luftcanal hat. Die Verdünnung in der Barometerprobe wird also die nämliche wie im Recipienten sein.

Fig. 271 a.

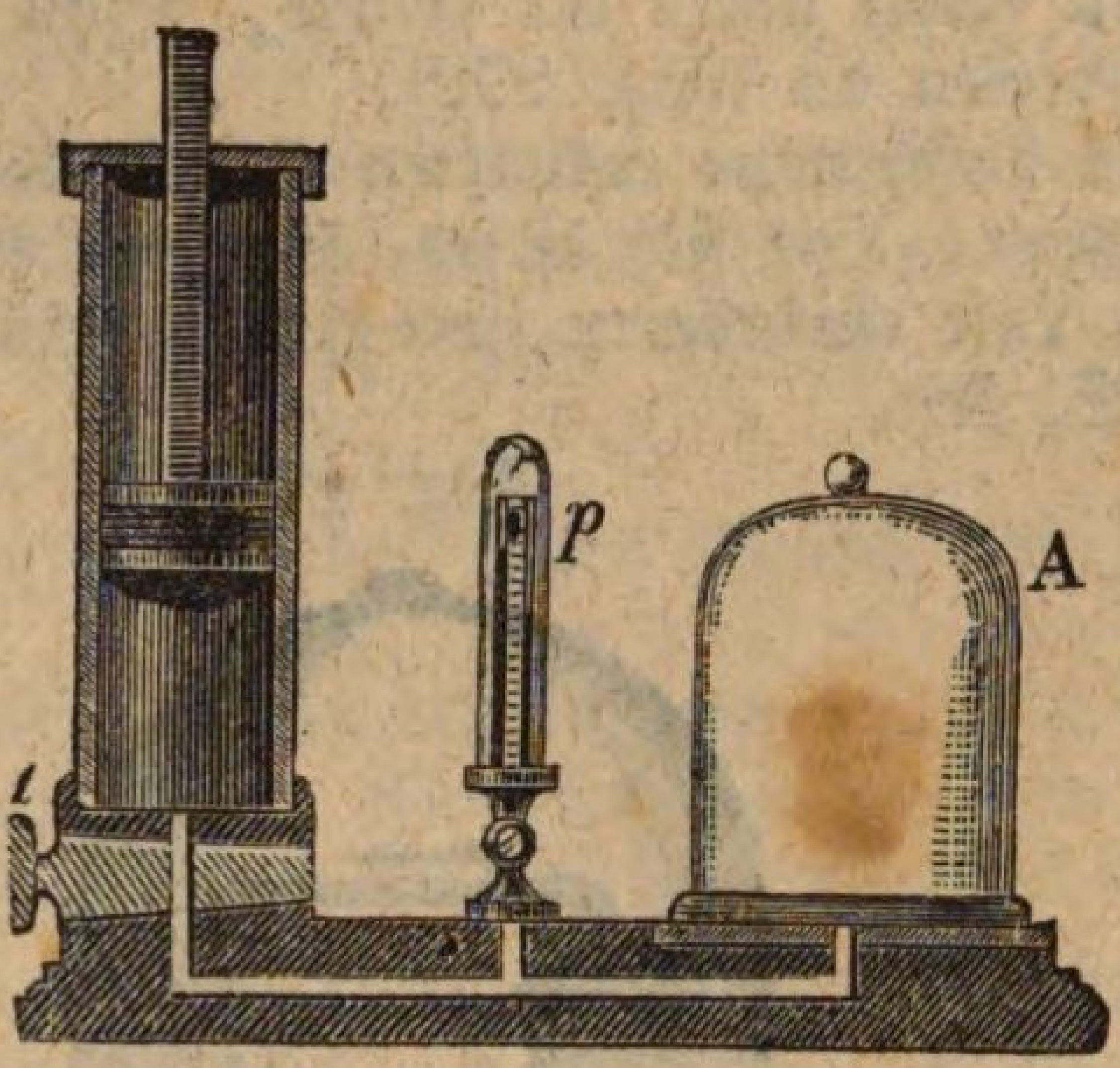
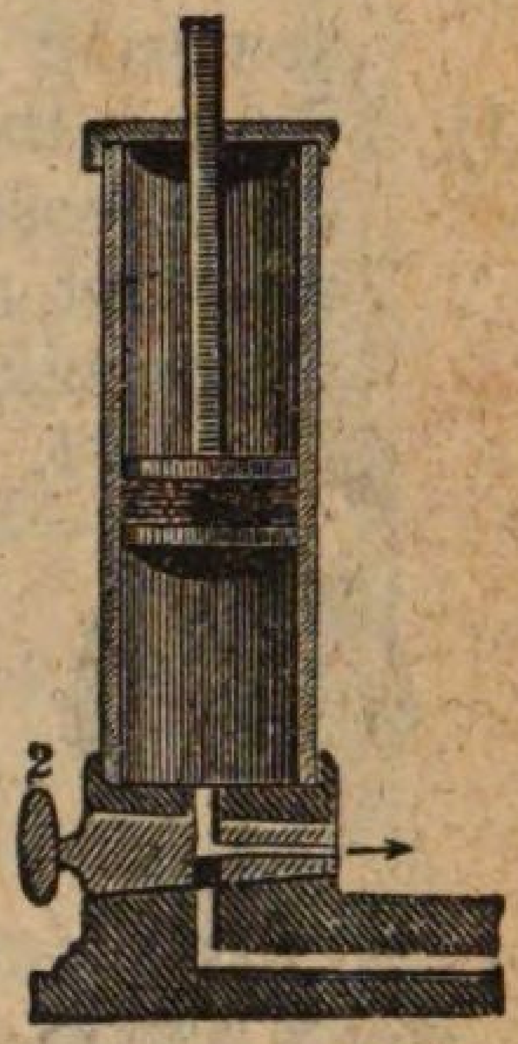


Fig. 271 b.



Anfangs füllt das Quecksilber den *verschlossenen* Schenkel des Barometers, *weil* es *gekürzt* ist, ganz aus. Ist die Verdünnung stärker geworden, so fällt das Quecksilber im geschlossenen Schenkel und steigt im offenen, warum?

Je geringer sich der Unterschied zwischen den Höhen der Quecksilbersäulen in beiden Schenkeln zeigt, desto weiter ist die Verdünnung der Luft in der Glasglocke getrieben.

Bei Luftpumpen älterer Construction beträgt dieser Unterschied 2 Millimeter. Die Luft unter dem Glassturze ist dann 300 mal dünner als die äußere Luft. Durch bessere Luftpumpen wird die Verdünnung auf einen *bedeutend höheren* Grad gebracht, meist unter ½ Millimeter Unterschied. Aber erst, wenn der Unterschied der Quecksilbersäulen 0·1 Millimeter beträgt, kann der abgesperrte Raum *als nahezu luftleer* angesehen werden.

Fig. 273.

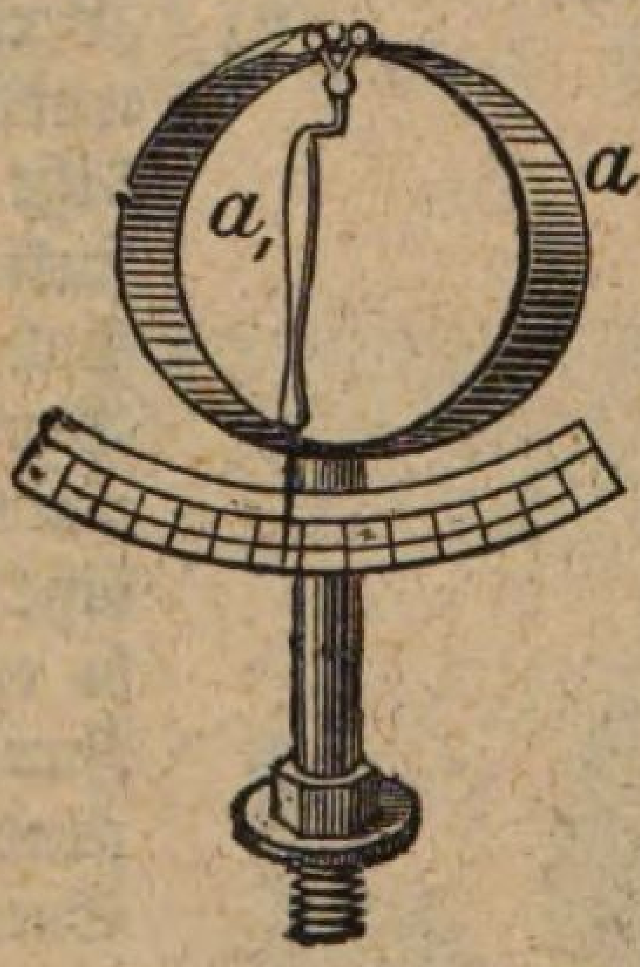
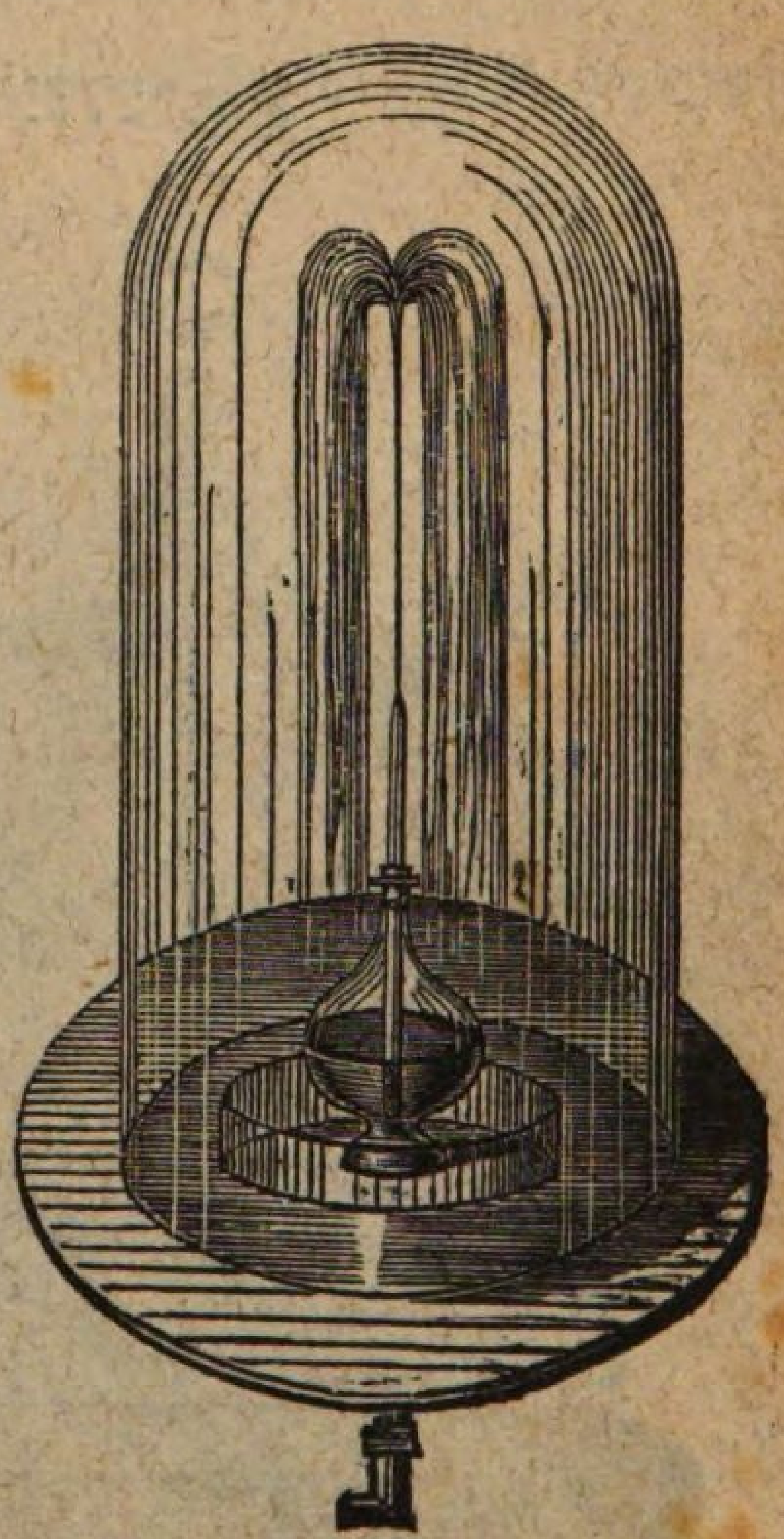


Fig. 272.



Smeatons Birnprobe 1751.

1. Mit der Luftpumpe werden die bei den Figuren 37 bis 39 erklärten Versuche ausgeführt.

2. Vom „*schädlichen Raum*" der Luftpumpe.

3. Der offene Schenkel des Heberbarometers in p (Fig. 271 a) ist gewöhnlich so lang wie der geschlossene, warum?

4. Wie erklären sich folgende Versuche?

a) Schon nach den ersten Kolbenzügen haftet die Glasglocke A (Fig. 269), welche auf den Teller der Luftpumpe, vermittels Bestreichens mit frischem Talge an ihrem abgeschliffenen Rande, luftdicht gesetzt wurde, so fest, daß man sie nicht eher aufheben kann, als bis der Hahn h geöffnet wird.

b) Bringt man unter einen hohen Glassturz ein Barometer, so sinkt das Quecksilber schon beim ersten und immer mehr mit jedem folgenden Kolbenhube.

c) Aehnlich verhält es sich mit dem Zeigergang, wenn man statt der Barometerprobe ein Aneroïd (Fig. 273) aufschraubt.

d) Unter einem Recipienten, in dem die Luft verdünnt wird, entweichen aus Wasser, Bier, Milch u. s. w. eine Menge Luftblasen.

e) Der Heronsball fängt unter der Glocke, wenn hier die Luft ausgepumpt wird, von selbst zu spielen an (Fig. 272).

f) In den mittels Luftpumpe entleerten Glasballon (Fig. 274) springt das Wasser als Strahl hinein. Hat sich dieses über der feinen Sprungöffnung angesammelt und läßt man Luft einströmen (wie?); so erhält man eine dem Sieden ähnliche Erscheinung (S. 38).

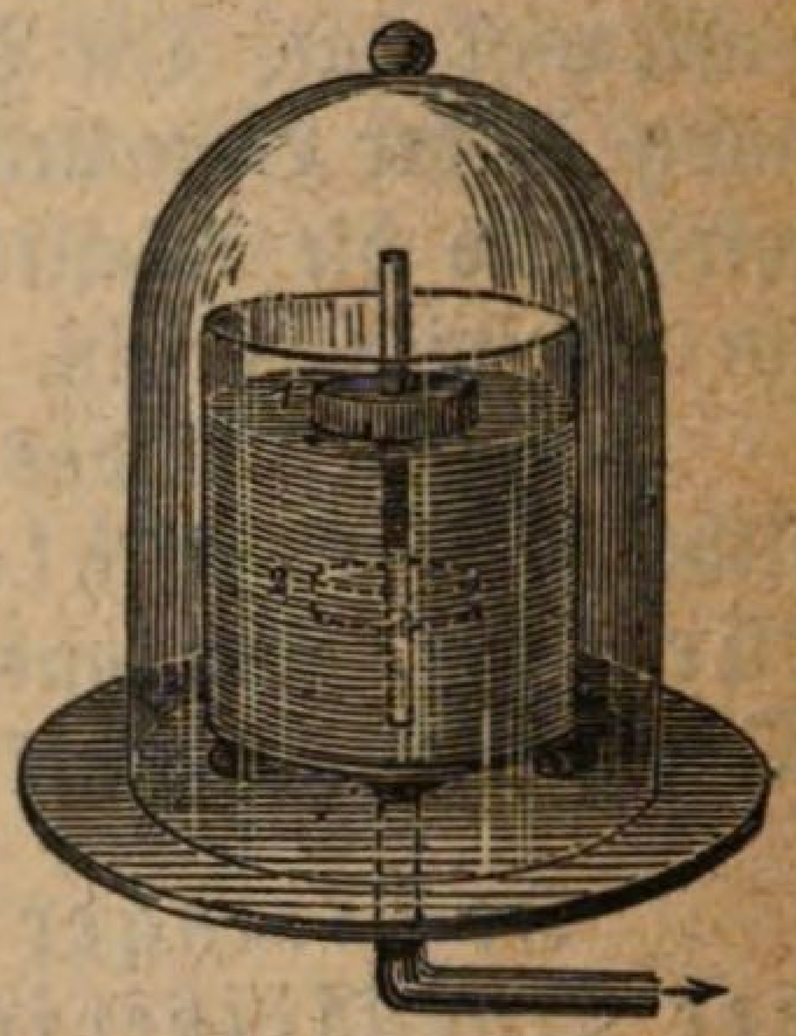
Fig. 274.



Fig. 275.



Fig. 276.

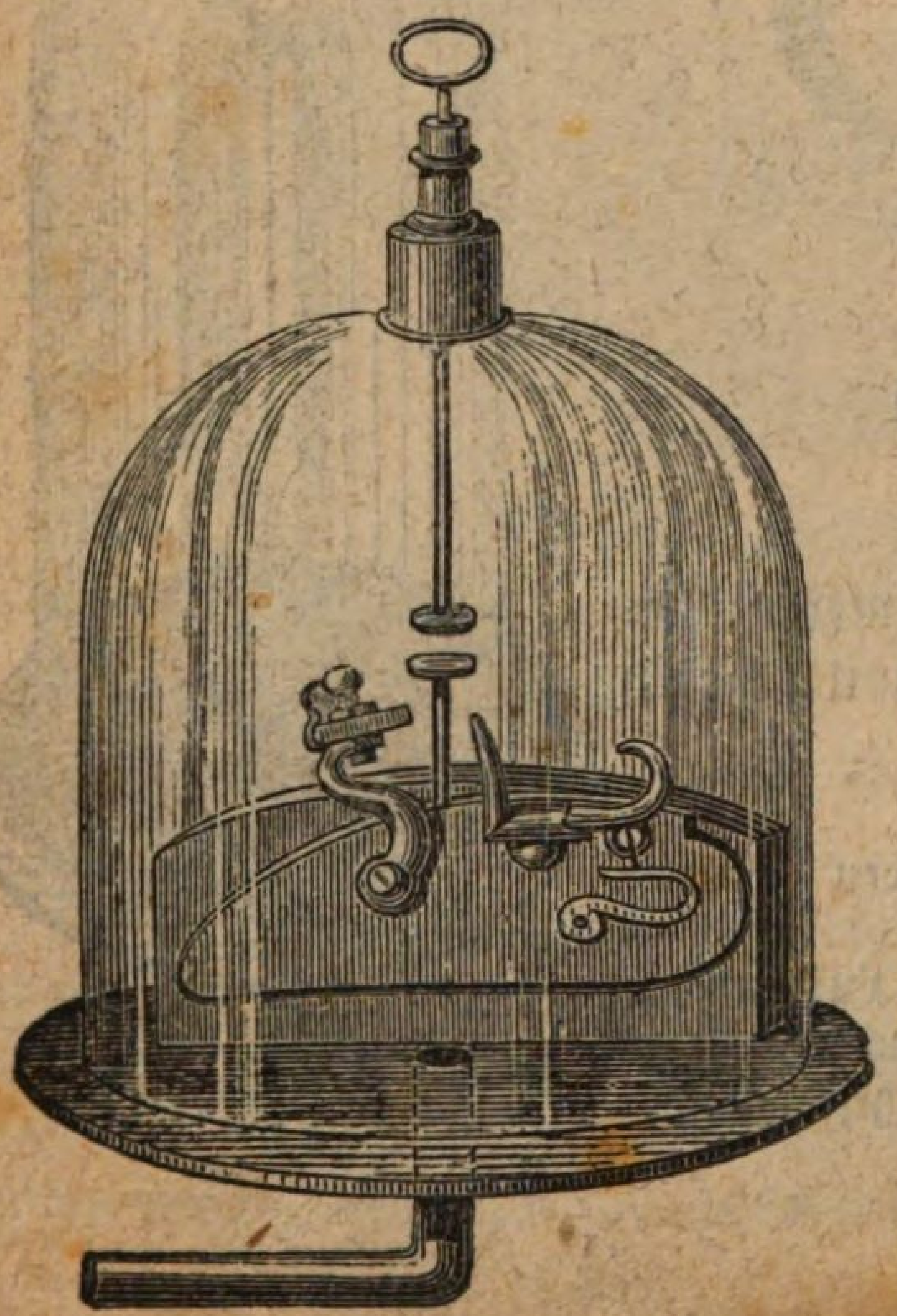


g) Beim Auspumpen der Luft (Fig. 275) steigt die Flüssigkeit aus dem Heronsgefäße durch den Krummheber nach dem offenen Glas 2; läßt man wieder Luft in den Recipienten treten, so geschieht das umgekehrte, warum?

h) Verdünnt man (Fig. 276) die Luft unter dem Recipienten hinreichend, und läßt sie sodann wieder einströmen, so sinkt der mit Quecksilber beschwerte Holzschwimmer unter, warum?

i) Verdünnt man (Fig. 277) die Luft unter dem Recipienten sehr stark und läßt sodann das Flintenschloß aus (wie?); so erhält man kleine, bald verlöschende Funken, ohne daß das Pulver sich entzündet; wie kommt dies? — Zu wenig Sauerstoff.

Fig. 277.

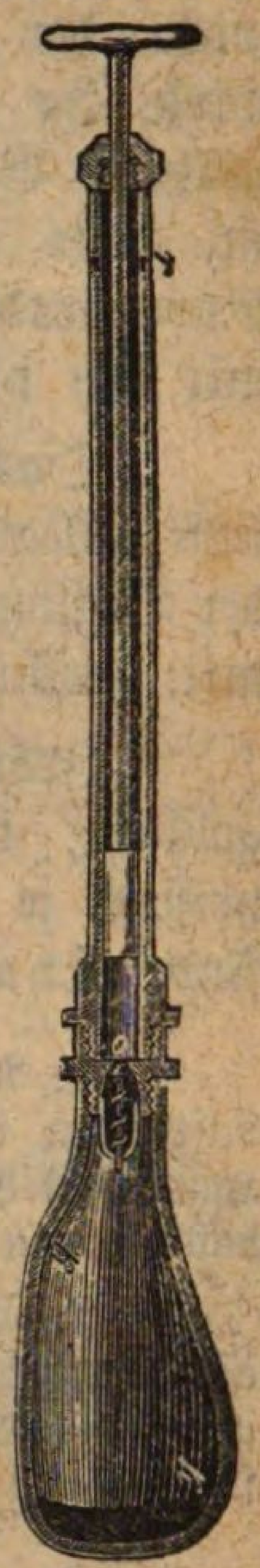


350. **Die Verdichtungs- oder Compressions-Luftpumpen** dienen zum Zusammenpressen der Luft in einem starken Metallgefäße. Die Ventile, Stöpsel und Hähne haben bei denselben die entgegengesetzte Lage wie jene an verdünnenden Luftpumpen.

351. **Die einfachste Luft-Compressionsmaschine** (Fig. 278) hat nur ein Ventil, welches

entweder am unteren Ende des „Stiefels“ oder am oberen des Recipienten angebracht ist. Zieht man (Fig. 278) den Kolben bis über die Oeffnung r aufwärts, so kann die Luft aus dem Recipienten k nicht in den Stiefel eindringen, weil das Ventil o nach dem Innern des Recipienten aufgeht. Sobald der Kolben oberhalb r ankommt, strömt äußere Luft in den luftverdünnten Raum des Stiefels. Wird dann der Kolben abwärts gestoßen, so verdichtet sich unter demselben die Luft, öffnet das Ventil o, und fließt in den Recipienten k. Auf solche Weise wird die Luft in größeren Heronsbällen aus starkem Metall oder Glas verdichtet. Diese Verdichtung hat jedoch ihre Grenze.

Fig. 278.



1. Diese Grenze der Verdichtung hat ihren Grund im „schädlichen Raum.“

2. Eine im heißen Wasser oder Aether erweichte und an dem Stiefel der Compressionsmaschine befestigte kleine Kautschuckflasche kann durch Hineinpressen von Luft zu einem Ballon von $^1/_3$ bis 1 Meter ausgedehnt werden.

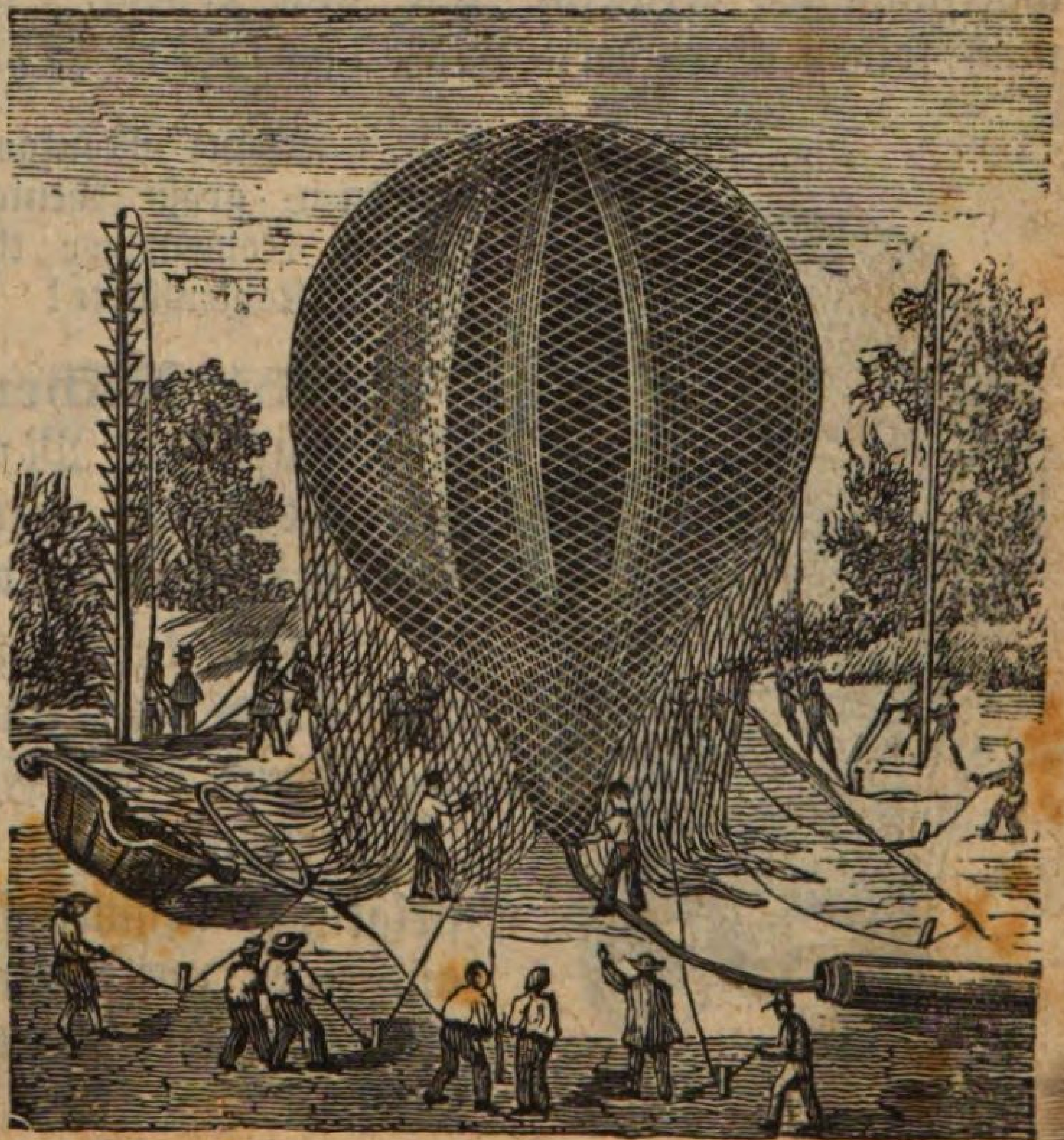
352. **Die Windbüchse** hat einen hohlen Kolben mit einem nach innen aufgehenden Ventil (Fig. 278). Nachdem in jenem die Luft verdichtet worden ist, wird er vom Stiefel abgenommen und an einen Flintenlauf geschraubt. Vermittels eines federnden Schlosses kann man das Ventil o für einen Augenblick öffnen. Ein Theil der zusammengepreßten Luft dringt aus dem Kolben in den Lauf, und treibt die hier eingelegte Kugel fort.

Fragen. 1. Mit einer einmaligen Ladung der Windbüchse lassen sich mehrere Schüsse thun; aber sie werden immer schwächer; wie so? — Blasrohr. — Der Erfinder der Windbüchse scheint Hanns Lobsinger, 1560, zu sein.

2. Warum darf man eine stark geladene Windbüchse nicht an einen warmen Ort bringen?

353. **Luftballone oder Aerostate mit leichten Gasen.** Das Wasserstoffgas ist nahezu 14mal weniger dicht als die atmosphärische Luft. Man kann also, nach Charles, einen Ballon (Fig. 279) aus luftdichtem Stoffe von solcher Größe verfertigen, daß er, mit Wasserstoffgas gefüllt, weniger als ein gleich großes Volumen atmosphärischer Luft wiegt. Ein solcher Ballon muß sich in der Luft in ähnlicher Weise erheben, wie eine hohle Metallkugel im Wasser. Er steigt so weit, bis er eine

Fig. 279.



Höhe erreicht, in welcher die Luft bereits so dünn ist, daß das Gewicht der verdrängten Luftmasse jenem des gefüllten Ballons gleich wird. Je größer der Unterschied zwischen dem Gewichte des aufgeblähten Ballons und eines gleich großen Volumens atmosphärischer Luft ist, desto bedeutender ist die Steigkraft des Ballons. Diese kann, bei hinreichender Größe der Hülle, so stark werden, daß der Ballon Lasten mit sich nimmt.

Das Leuchtgas ist nahe halb so dicht als die atmosphärische Luft. Man kann also auch, nach Green, das Leuchtgas zum Füllen der Ballone anwenden. In der That werden die großen Ballone meistens mit Leuchtgas gefüllt; warum nicht auch die kleinen?

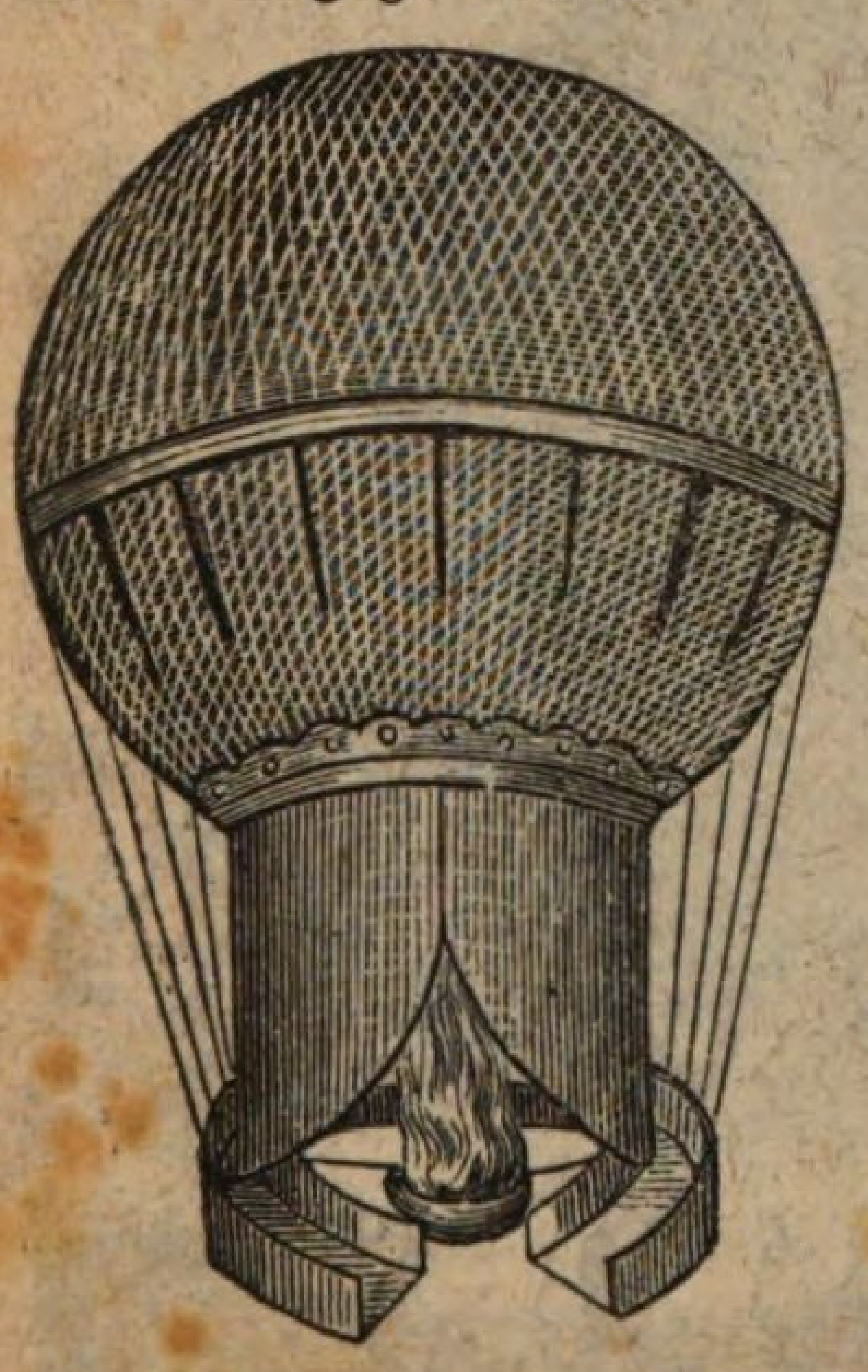
Jede Hülle, welche dazu bestimmt ist, sich mit leichten Gasen aufgebläht, in die Luft zu erheben, heißt Luftballon. Solche Ballone heißen, je nachdem sie mit Wasserstoffgas oder mit Leuchtgas gefüllt sind, Charliers (1783) oder Greeniers (1836).

1. Aufsteigende Seifenblasen mit Wasserstoff gefüllt. Anzünden von Collodion-Luftbällen in der Höhe mittelst Flamme an langer Stange. — Kleine, käufliche Kautschuck-Ballone mit Wasserstoff. — Ballone aus Goldschlägerhäutchen. — Luftballone von verschiedener Form mit herabfallenden Figuren. — Füllungsmethoden.

2. Bei den Dichten der Gasarten wird die Dichte der atmosphärischen Luft als Einheit angenommen. Man hat dann: Dichte des Wasserstoffes = $0{\cdot}_{07}$, des Leuchtgases = $0{\cdot}_{56}$, des Ammoniakgases = $0{\cdot}_{59}$, des Stickstoffes = $0{\cdot}_{97}$, des Sauerstoffes = $1{\cdot}_{11}$, der Kohlensäure = $1{\cdot}_{5}$ und des Chlors = $2{\cdot}_{5}$. — Vergl. §. 311.

354. **Luftballone mit erwärmter Luft.** Erwärmt man (Fig. 280) mittels Flammenfeuer etwas atmosphärische Luft, welche im Innern des Ballons sich befindet, so wird diese durch die Wärme stark ausgedehnt, also minder dicht als die äußere atmosphärische Luft. Man kann es auf diese Weise dahin bringen, daß der Ballon vollkommen angeschwollen erscheint und sich erhebt. Ein derartiger Luftballon heißt nach seinen Erfindern Montgolfier. (1782).

Fig. 280.



Kleine Montgolfier's werden mittels Weingeistflammen, große ebenso oder mittels Strohfeuers aufgeblasen; Kohlenfeuer thäte es nicht; warum nicht? — Zuviel Kohlensäure!

355. **Näheres über die Luftballone.** Die Hülle der Montgolfiers besteht gewöhnlich aus feiner, mit Papier überklebter Leinwand, oder bei kleineren aus dünnem Papier.

Bei den Charliers wird der Ballon aus einem sehr starken Taffet verfertigt, welchen man durch einen Firniß luftdicht macht.

Sollen mit einem Ballone Personen aufsteigen, so nehmen sie beim Montgolfier (Fig. 280) auf einer zweckmäßig angebrachten Gallerie, beim Charlier oder Greenier (Fig. 279) in einem angehängten Korbe, Gondel, Platz.

Die Bewegung der Ballone in wagrechter Richtung ließ sich bisher nicht regeln. Man ist da dem Luftstrome, in welchem man sich eben befindet, ausgesetzt. Wenn man jedoch den Ballon zur weiteren Erhebung oder Senkung bringt (siehe Fragen), so kann man dadurch zuweilen in einen Strom gerathen, der den Ballon in der beabsichtigten Richtung fortträgt.

1. In jüngster Zeit (1871) ist die Aussicht vorhanden, den Luftballon lenkbar zu machen. Hänlein gibt nämlich seinem Ballon eine langgestreckte Form und bewegt ihn, freilich bisher nur in ruhiger Luft, mittels einer, von einer calorischen Maschine rasch umgedrehten Schiffsschraube (§. 221) in wagrechter Richtung; mit Hilfe eines Steuers kann er den Ballon wenden.

2. Anwendung des Luftballons zur Beobachtung feindlicher Lager, zum Granatenwerfen in eine belagerte Stadt, zum Entsenden von Personen und Briefen aus einer belagerten Stadt, d. i. zur „Ballonpost", zum Bestimmen der Höhen von Höhlen, wenn kleine Ballone an einem Faden aufgelassen werden u. dgl. m., zu meteorologischen Beobachtungen in verschiedenen Höhen (Ballone an Seilen gehalten). Ferner könnte man Luftballone zum Aufziehen großer Lasten bergan benützen, wenn ihnen durch passende Schienen der Weg bestimmt würde. — Geschichtliches. — Nadar's Riesenballon der Neuzeit.

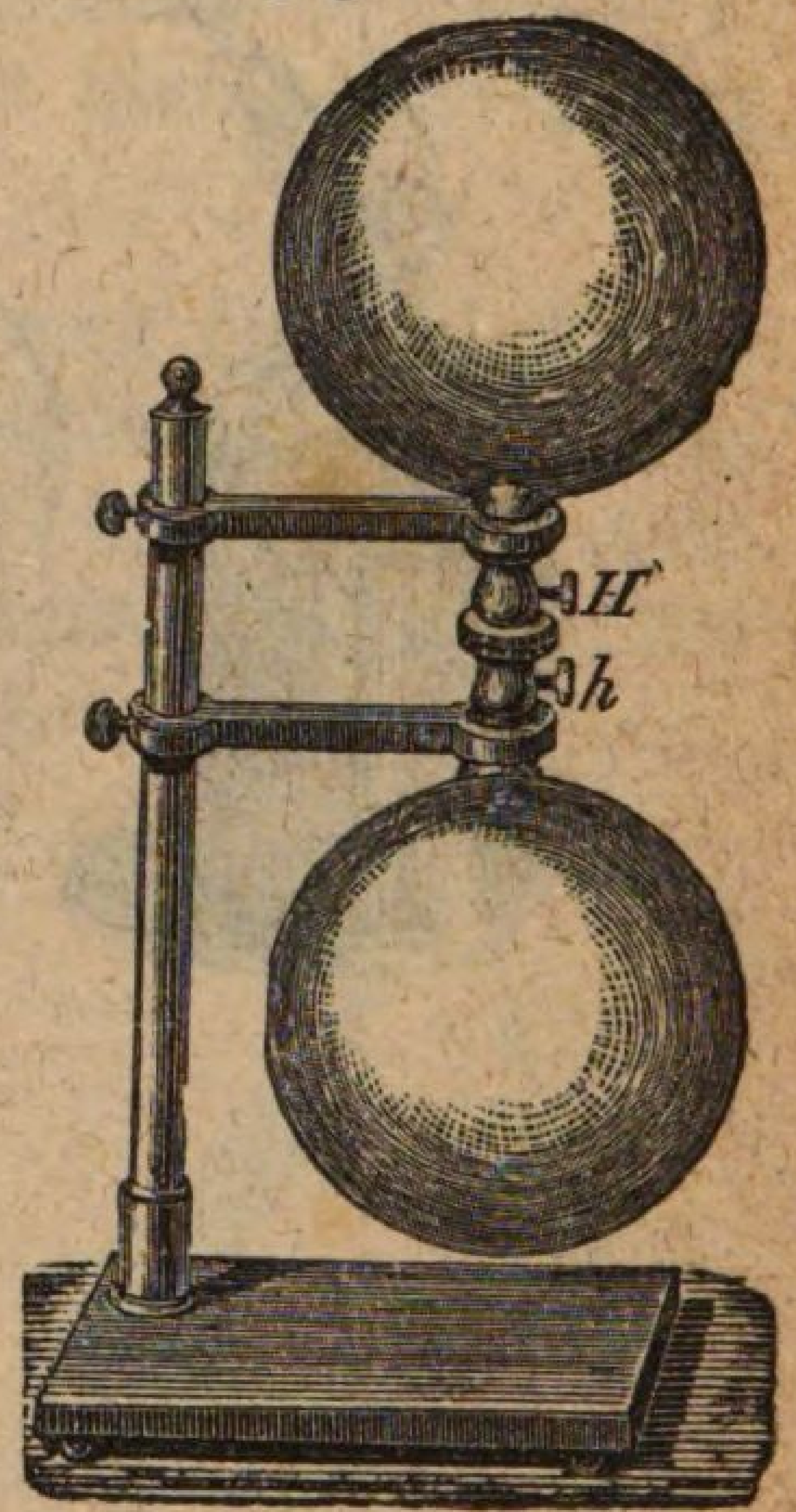
Fragen. 1. Die Luftschiffer nehmen mit Sand gefüllte Säckchen in die Gondel; wird nun von diesem ein Theil ausgeworfen, so steigt der Ballon höher; warum?

2. Beim Steigen schwillt der Ballon auf; warum?

3. Oeffnet man an dem oberen Theil des Charlier, vermittels eines durch den Ballon bis zur Gondel gehenden Strickes, eine nur nach innen, an sehr elastischen Angeln bewegliche Klappe, so sinkt das Luftschiff rasch zu Boden; warum?

4. Welchen Nutzen gewährt jenes Ventil (Klappe) in Beziehung auf die Gefahr des Berstens des Ballons?

Fig. 281.



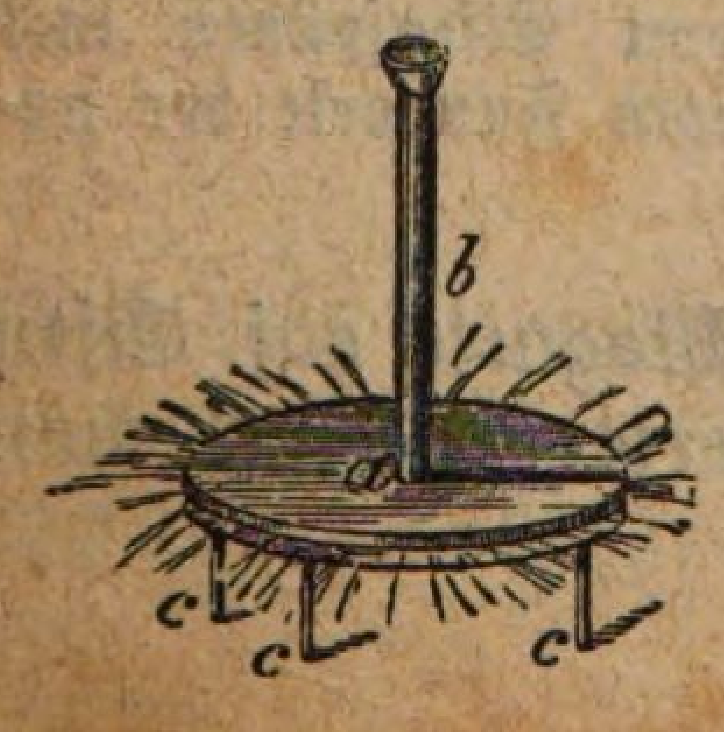
356. Durchdringung der Gase. Man verbinde zwei Glasgefäße, (Fig. 281) von denen das obere Wasserstoff, das untere Kohlensäure enthält. Nach einiger Zeit findet man die Gase in beiden Gefäßen gleichförmig gemengt, obschon der Wasserstoff, dessen Dichte bedeutend geringer als jene der Kohlensäure ist, den oberen Raum hätte behaupten sollen. Ebenso verhält es sich mit anderen und mehrerlei Gasen. Diese Erscheinung nennt man die Durchdringung oder Diffusion der Gase.

1. Die Diffusion wurde von Dalton 1817 entdeckt.

2. Wird z. B. in einem Zimmer viel Sauerstoff verzehrt, so strömt dieser von allen Seiten der Umgebung wieder ein.

3. Die Aufhäufung eines Gases an nicht luftdicht abgesperrten Orten ist nur dann möglich, wenn die Durchdringung der Gase nicht so rasch als die Entwicklung des Gases vor sich gehen kann, z. B. in Kellern, wo junger Wein gährt; in der Hundsgrotte bei Neapel u. dgl. m.

Fig. 282.



357. Paradoxon beim Durchblasen der Luft. Bläst man (Fig. 282) durch die Röhre b, so sollte man erwarten, daß eine nahe, leicht bewegliche Scheibe von der fixen, oberen Scheibe a sich entfernen werde, — sie bewegt sich aber gegen a hin.

Diese sonderbare Erscheinung erklärt sich wie folgt:

Die aus der Röhre mit großer Geschwindigkeit ausströmende, verdichtete Luft verbreitet sich schnell zwischen beiden Scheiben und reißt, indem sie seitwärts entweicht, die hier befindliche Luft theilweise mit sich fort. Dadurch wird die Luft zwischen beiden Scheiben verdünnt, und der äußere Luftdruck treibt die leicht bewegliche Scheibe gegen die fixe.

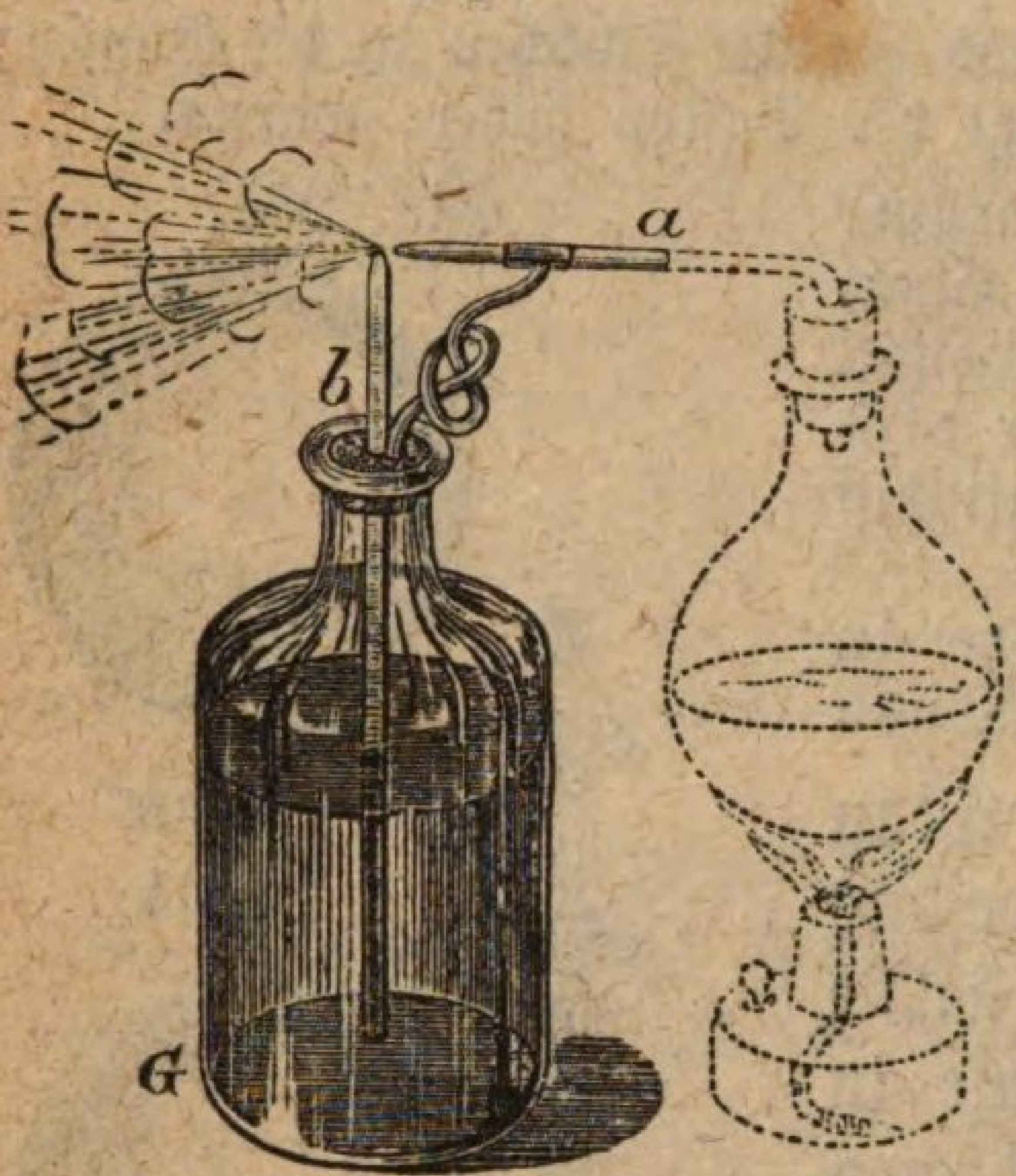
1. Die Scheibe a ist aus Messing, Holz, Pappe etc., ihr Durchmesser beträgt etwa 8 mal mehr als jener der Röhre b; die untere Scheibe kann auch aus Papier sein.

2. Ist die zweite Scheibe an der inneren Seite etwas convex, so gelingt der Versuch noch besser. Hieraus folgt, daß in ähnlicher Weise schließende Ventile bei Dampfmaschinen nichts weniger als Sicherheitsventile sind; wie so nicht?

3. Dieses Paradoxon ist seit 1826 bekannt und war von einem Arbeiter an den Gebläsen der Schmelzöfen zu Fourcharbault entdeckt worden.

Fragen. 1. Aus einem Trichter läßt sich ein trockenes Filter nicht herausblasen; es fliegt im Gegentheil gegen die Blaseöffnung; warum?

Fig. 283.



2. Bläst man (Fig. 283) durch das Röhrchen a, so erhebt sich im Röhrchen b das Wasser des oben offenen Gläschens und wird an der Spitze zerstäubt; wie kommt dieß?

3. Hierauf beruhen die Parfumspritzer und Zerstäuber von flüssigen Medicamenten, welche durch den Mund in feinster Zertheilung in den Schlund geschleudert werden. Im letzteren Falle läßt man durch das Röhrchen a Wasserdampf blasen und der punktirte Theil der Fig. 283 deutet diese Einrichtung an.

4. Auf dieser saugenden Wirkung des Dampfstrahles (Fig. 283) beruht eine in neuerer Zeit von Giffard erfundene Wasserpumpe, die zur Speisung der Dampfkessel benützt werden kann.

VI.

Magnetismus.

358. **Magnet.** Unbelebte Körper, welche die Fähigkeit besitzen, Eisen anzuziehen und festzuhalten, werden Magnete genannt.

Das Erkennen stark eisenhaltiger Materien mittels Magnete. — Magnetische Gesichtsmasken in Stahlnadelfabriken. — Das Abscheiden von Eisenspänen aus Kupferfeile u. a. m. — Der gehorsame Schwan. — Magnet vom Fundorte der natürlichen Magnete bei der Stadt Magnesia.

359. **Magnetismus.** Die Kraft, mit welcher Magnete auf Eisen wirken, heißt Magnetismus. Mit dem letzteren Worte bezeichnet man auch den magnetischen Zustand der Körper.

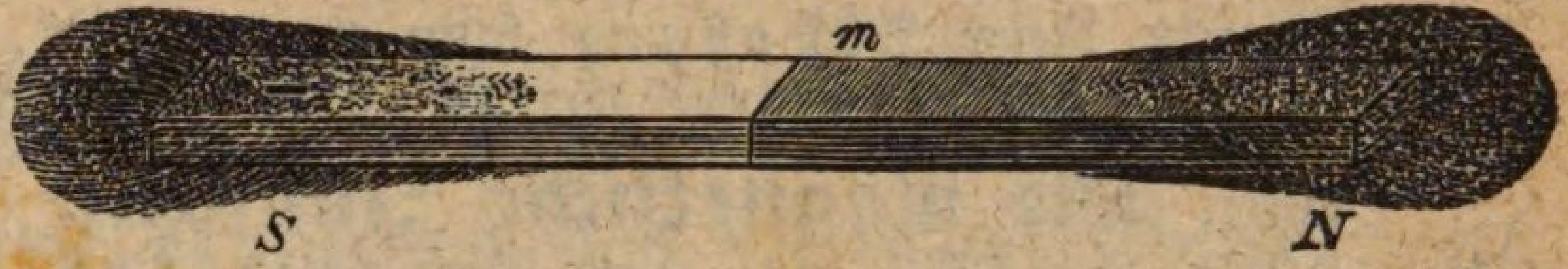
360. **Natürliche und künstliche Magnete.** Gewisse Eisenerze sind von Natur aus magnetisch, während Stahl, Eisen und andere Körper erst durch künstliche Mittel magnetisch gemacht werden.

Magnetstäbe und Magnetnadeln. — Hufeisenmagnete.

361. **Die Schwerkraft überwunden von der magnetischen Kraft.** Eisenstückchen bewegen sich, gegen den Zug der Schwerkraft, bis an einen Magnet und bleiben daran haften.

362. **Die Mittellinie.** Zieht man einen Magnetstab durch Eisenfeilspäne, so bleiben (Fig. 284) an den beiden Enden die meisten derselben, gegen die Mitte immer weniger, in der Mitte gar keine haften.

Fig. 284.



Die magnetische Stärke nimmt von den Enden des Stabes nach der Mitte ab.

In der Mitte des Stabes gibt es eine neutrale Linie, deren Punkte keine magnetische Kraft äußern.

363. **Die magnetischen Pole.** Bringt man (Fig. 285) ein dünnwandiges Glas auf die Mitte eines Magnetstabes, so bleibt ein im Glase befindliches, feines Eisendrahtstückchen liegen. Letzteres erhebt sich in schiefer Richtung, wenn man mit dem Glase gegen eines der Enden

Fig. 285.

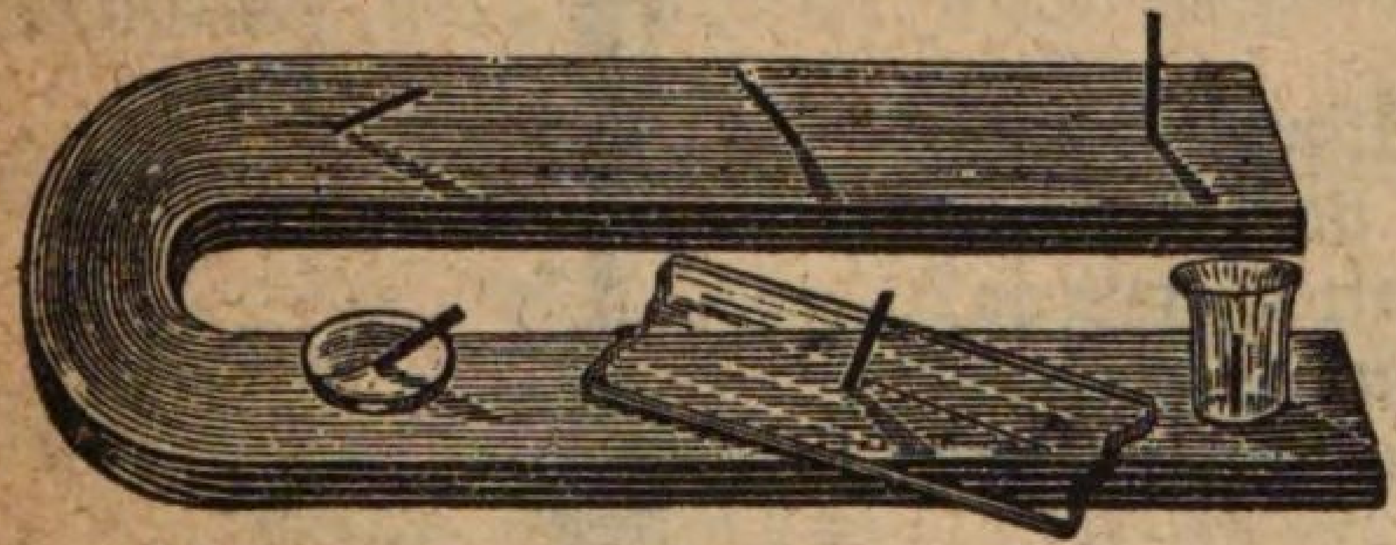


Fig. 287.

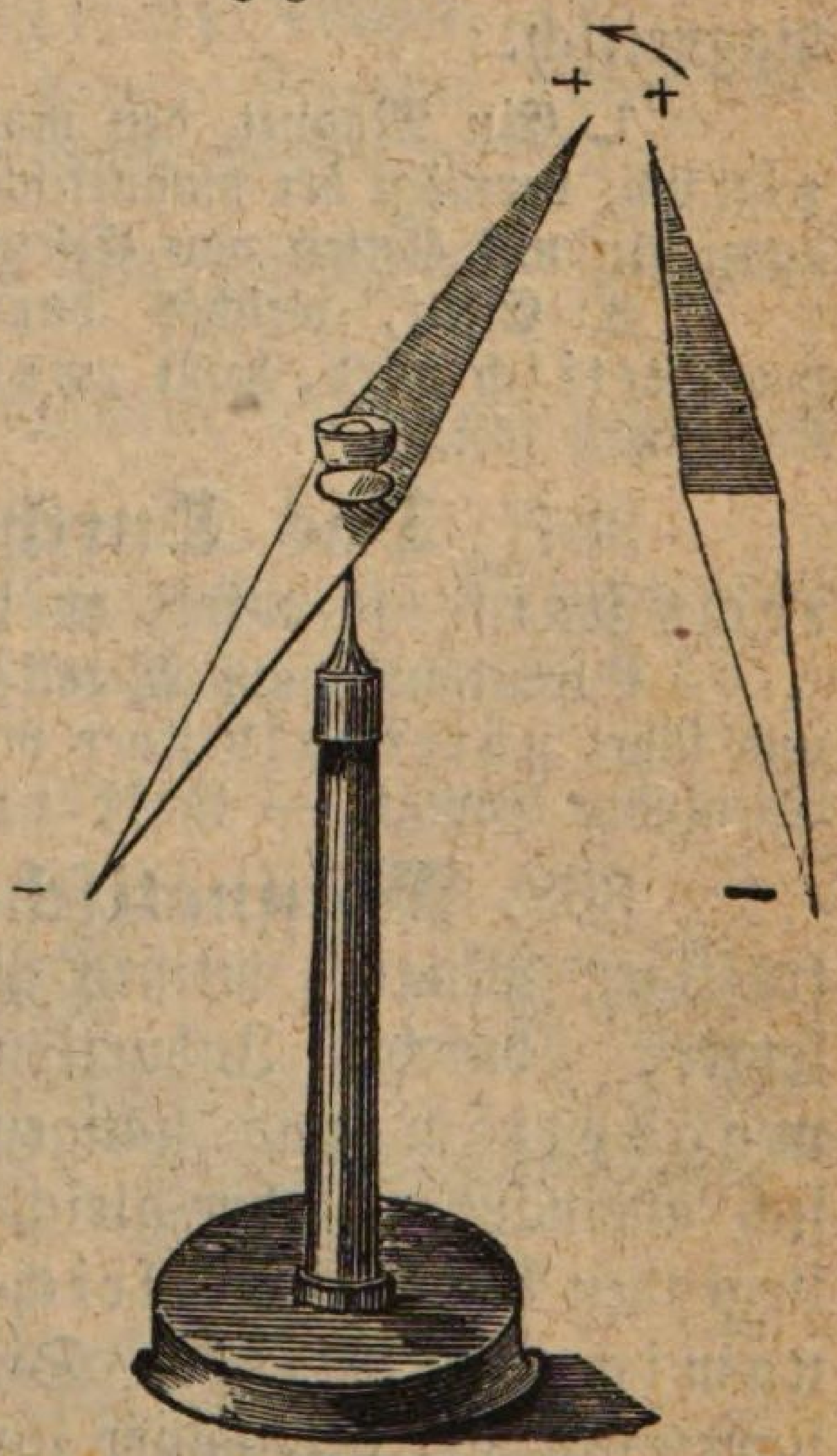
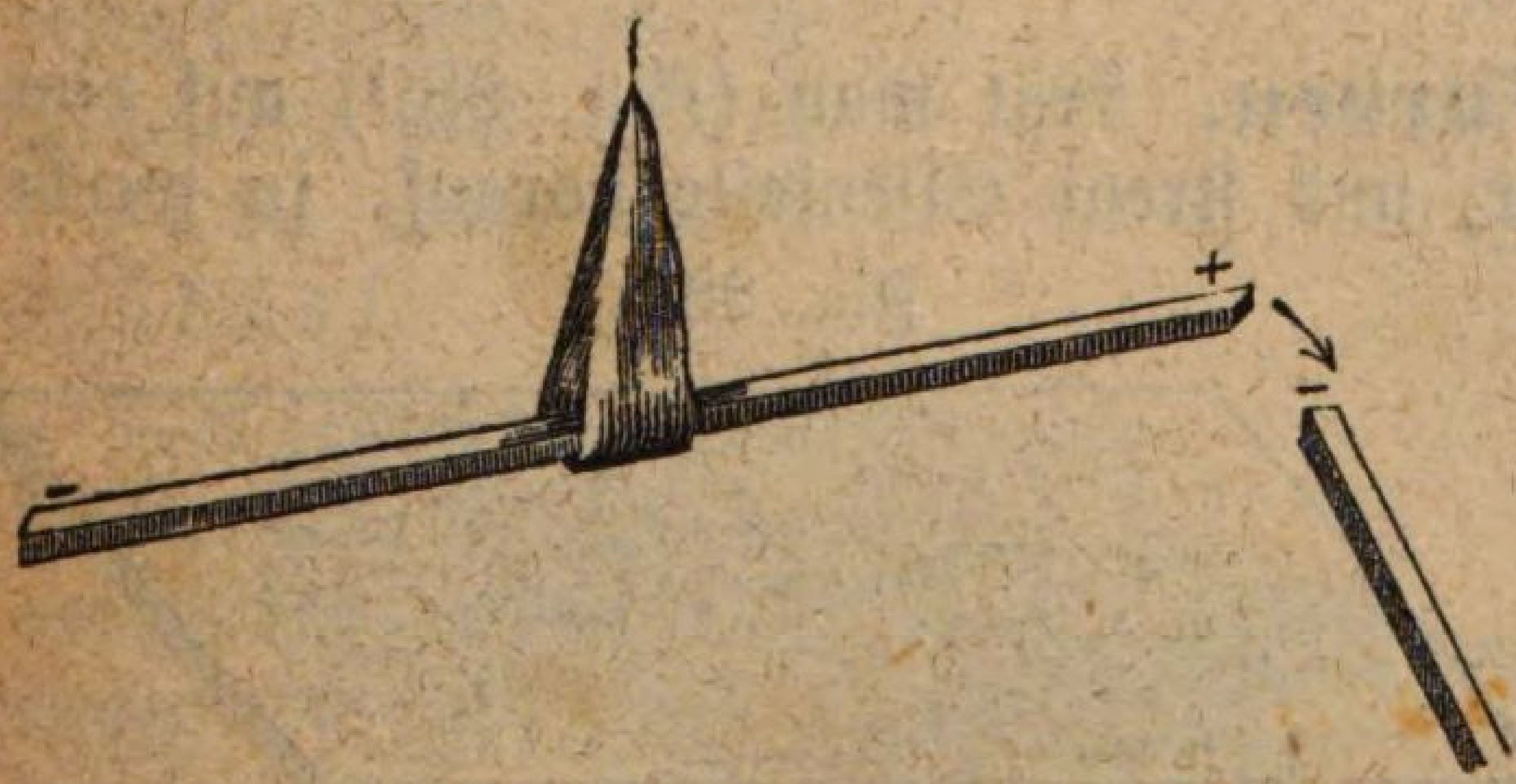


Fig. 286.



des Stabes fährt. An jedem dieser Enden gibt es einen Punkt, in welchem sich das Stückchen Draht senkrecht auf den Stab stellt. Hier ist die magnetische Kraft am größten. Dieser Punkt heißt magnetischer Pol

364. **Nord- und Südpol.** Ein Magnetstab, der (Fig. 286) so aufgehängt oder (Fig. 287) so unterstützt wird, daß er sich um eine lothrechte Axe drehen kann, kehrt stets den nämlichen Pol gegen Norden, den anderen nach Süden. Man nennt den ersteren Nordpol (+, N, blau angelaufen), den letzteren Südpol (—, S, blank).

Die magnetische Axe ist jene Gerade, welche den Nordpol eines Magnetstabes mit seinem Südpole verbindet.

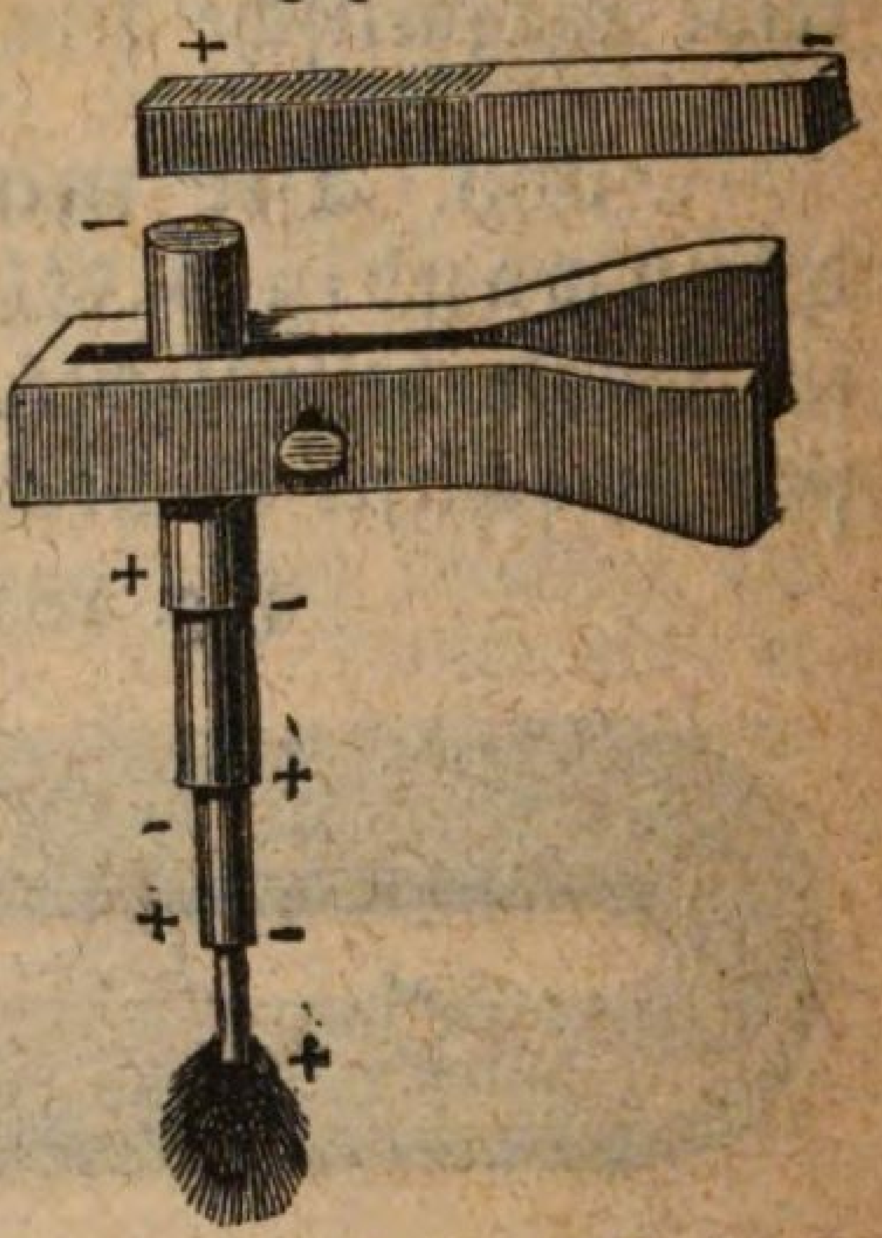
365. **Die magnetische Anziehung und Abstoßung.** Gleichnamige Magnetpole (+ und + oder — und —) stoßen einander ab, ungleichnamige (+ und —) ziehen einander an. Erstere heißen feindliche, letztere freundliche Pole.

Mittels dieser Abstoßung kann man prüfen, ob ein Körper magnetisch und ob ein Pol der nördliche oder südliche sei; wie so? und auf welche Weise?

366. **Die magnetische Influenz.** Ein kurzes Eisenstäbchen (Fig. 288), welchem man den Pol eines kräftigen Magnetes nähert, wir dadurch fähig, ein zweites Eisenstückchen zu tragen. An dieses zweite Eisenstückchen läßt sich ein drittes anhängen u. s. w.

Diese Eisenstückchen sind durch Vertheilung, Influenz oder Induction magnetisch geworden.

Fig. 288.



Entfernt man den erregenden Magnet, so verlieren alle Eisenstückchen ihren Magnetismus und die Kette fällt auseinander.

Die dem vertheilenden Ende zugewendeten Pole erscheinen mit jenem ungleichnamig, die von ihm abgewendeten Pole gleichnamig magnetisch.

1. Ein Magnet, den man in Eisenfeilspäne taucht, zeigt sich, vermöge der magnetischen Influenz, nach dem Herausziehen mit Ketten von Eisenstückchen behaftet; wie so?

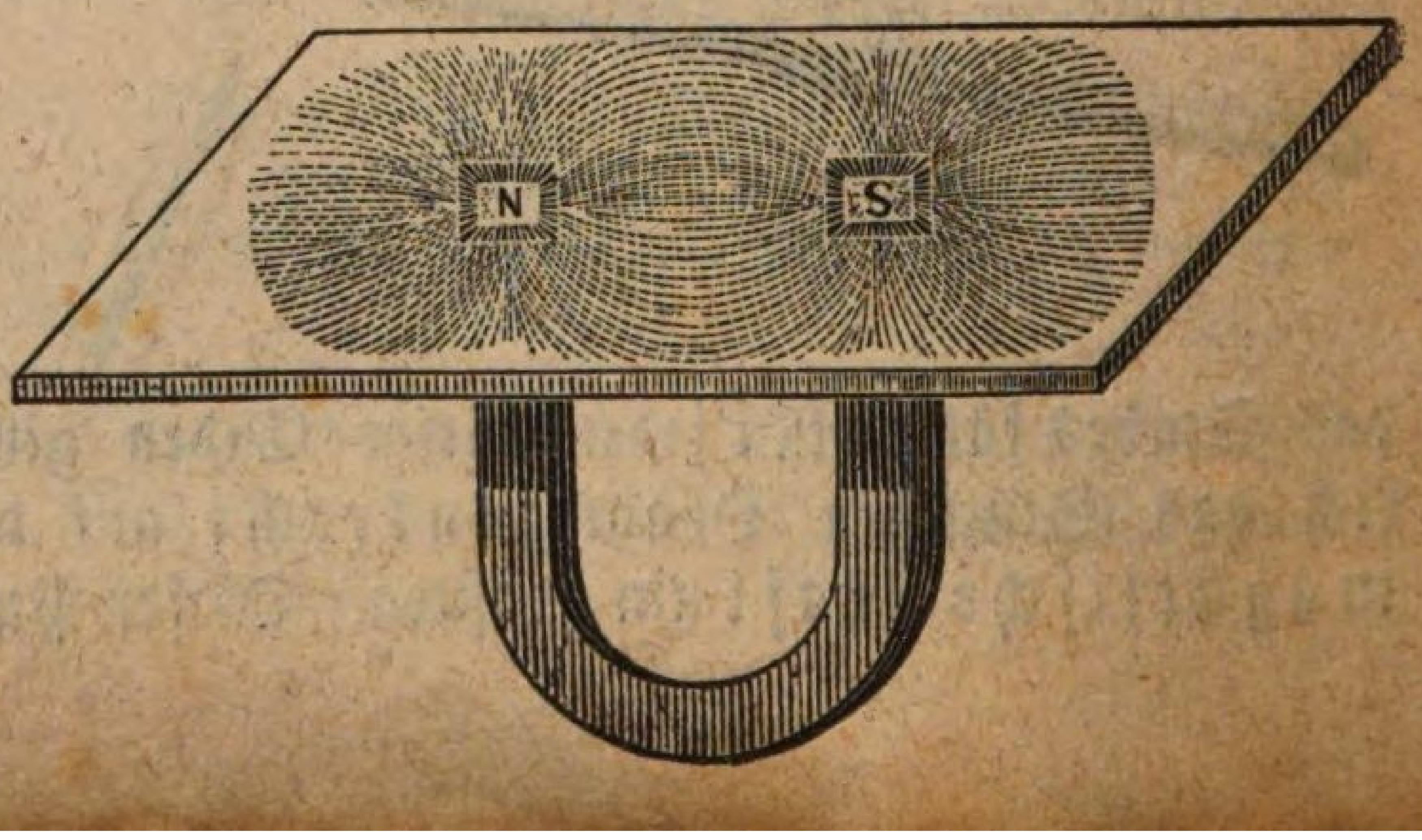
2. Eisen, welches durch Induction sehr leicht magnetisch wird, heißt „weich"; dasselbe ist fast von Kohlenstoff frei.

367. **Das Durchwirken der Magnete.** Ist der Magnet recht stark, so wirkt er durch Holz, Glas, Papier u. dgl. vertheilend.

Streut man auf Metall-, Glas-, Porzellan-, Pappscheiben u. dgl. m. Eisenfeile und fährt unterhalb jener mit einem Magnete hin und her, so werden dadurch die Eisenspäne bewegt. — Gilbert 1600.

368. **Magnetische Curven.** Legt man (Fig. 289) auf einen kräftigen Magnet weißes Papier, und streut Eisenfeile darauf, so werden letztere durch Induction magnetisch und hängen sich aneinander. Ihre gleichliegenden Punkte sind gleichnamig magnetisch. Sie stoßen sich hier ab, daher ihr Auseinandergehen.

Fig. 289.



Die von den ungleichnamigen Polen des Stabes ausgehenden Fäden besitzen an ihren Enden ungleich-

namige Pole; sie ziehen sich also an. Die so entstehenden magnetischen Curven sind in Folge dessen gegen die Mitte des Stabes geneigt.

369. **Magnetischwerden durch Streichen.** Die vertheilende Wirkung eines Magnetes auf Stahl erfolgt langsamer als beim Eisen. Ist aber ein Stahlstückchen magnetisch geworden, so bleibt es, auch nach seiner Entfernung vom Magnete, einige Zeit magnetisch. Ja man kann das Stahlstückchen für immer magnetisch machen, wenn man es mit einem Magnete streicht. Die Pole entstehen dabei wie im §. 366.

Der zum Streichen verwendete Magnet verliert nichts von seiner magnetischen Kraft.

Auf diese Weise kann man mittels eines natürlichen Magnetes einen künstlichen Magnet, und, mit Hilfe des letzteren, beliebig viele künstliche Magnete erzeugen.

370. **Verschiedene Ursachen des Magnetischwerdens.** Ein Stahlstab kann auch durch Drehen, Winden, Schlagen, durch rasches Abkühlen u. s. w. dauernd magnetisch werden.

Nun ist begreiflich, warum sich stählerne, oft gebrauchte Werkzeuge, z. B. Feilen, Bohrer u. dgl. m., magnetisch zeigen.

371. **Schwächung der Magnete durch Wärme.** Erwärmt man einen Magnet, so nimmt seine magnetische Kraft ab; erhitzt man ihn bis zum Rothglühen, so verliert er den Magnetismus gänzlich. Versuch.

372. **Die magnetischen Körper.** Außer Eisen werden noch sehr viele andere metallische und nichtmetallische Körper vom Magnete angezogen; man nennt sie magnetische Körper.

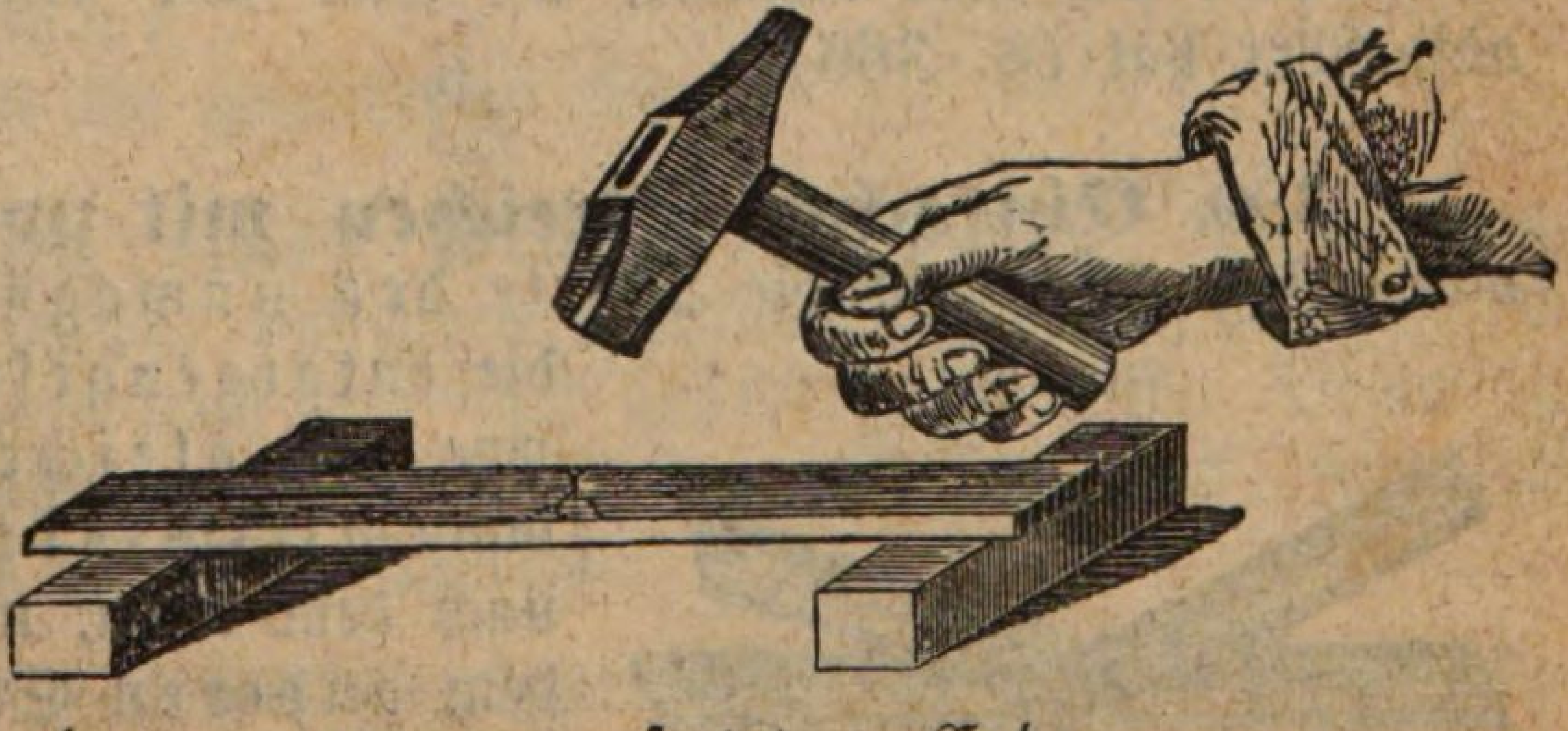
Einige magnetische Körper: Nickel, Kobalt, Chrom, Mangan, Platin, Aluminium, Graphit, Holzkohlen, die Lösungen der magnetischen Metalle u. s. w.

373. **Diamagnetische Stoffe** sind jene, welche von Magneten stets abgestoßen werden.

Einige diamagnetische Körper: Wismuth, Antimon, Phosphor, Kupfer, Zink, Zinn, Alaun, Wasser, Alkohol, Aether u. a. m.

374. **Verhalten der Theile des zerschlagenen Magnetes.** Zerschlägt man (Fig. 290) einen glasharten Magnetstab in kleine Stücke, so erscheint jedes derselben als ein Magnet mit einem Nord- und einem Südpol.

Fig. 290.



Der Nordpol liegt bei jedem Stücke an dem Ende, welches, so lange der Stab ungetheilt war, seinem Nordpole zugewendet war; der Südpol ist an dem entgegengesetzten Ende.

Fügt man die Stücke wieder an einander, so wirken sie als ein Magnet wie jener Stab (Fig. 290), als er noch ganz war.

375. **Magnetische Elementchen.** Aus dem Vorigen kann man schließen:

Die kleinsten Theilchen eines Magnetes sind unmeßbar kleine Magnetchen, magnetische Elementchen oder magnetische Moleküle, deren gleichnamige Pole sämmtlich nach ein und derselben Seite gerichtet sind.

Die Kraft des ganzen Magnetes ist die Resultirende der magnetischen Kräfte seiner Elementchen.

376. **Maaß der magnetischen Abstoßung und Anziehung.** Der Pol eines magnetischen Elementchens stößt den gleichnamigen Pol eines anderen Elementchens aus einem 2-, 3-, 4-, 5-...nfach größeren Abstande 4-, 9-, 16-, 25-...n^2mal schwächer ab. Ebenso verhält es sich mit der Anziehung zweier ungleichnamiger magnetischer Pole.

Coulomb 1785.

377. **Einfaches und doppeltes Streichen.** Je nachdem man beim magnetischen Streichen nach der nämlichen Seite nur mit einem Pole oder zur selben Zeit mit zwei entgegengesetzten Polen hinfährt, gibt dies den einfachen oder den doppelten Strich.

378. **Einfacher Strich vom Ende aus.** Setzt man auf das eine Ende eines geraden, unmagnetischen Stahlstabes den einen Pol eines Magnetes und führt ihn bis an das andere Ende; so zeigt der gestrichene Stab da, wo das Streichen aufhört, einen magnetischen Pol, der mit dem streichenden Pol ungleichnamig ist (§. 366).

379. **Das einfache Streichen von der Mitte aus.** Legt man den Pol des Streichmagnetes auf die Mitte des unmagnetischen Stahlstabes, und streicht wie vorhin, nur daß man immer wieder in der Mitte ansetzt; verfährt man hierauf eben so mit dem zweiten Pole an der anderen Hälfte des Stabes: so erhält man einen Magnet, dessen Nordpol sich dort befindet, wo man mit dem Südpol zu streichen aufgehört hat (§. 366).

380. **Einfaches Streichen mit zwei Magneten.** Setzt man (Fig. 291) auf die Mitte des unmagnetischen Stahlstabes die entgegengesetzten Pole zweier Magnete von gleicher Stärke, und streicht dann gleichzeitig mit dem einen Pole nach dem einen, mit dem zweiten Pole nach dem anderen Stabende; so erhält man einen Magnet in kürzerer Zeit, als vorhin.

Fig. 291.



Es ist am besten, die Magnete unter einer Neigung von 25 bis 30 Graden gegen den Stab zu streichen. So kann man Stahlstäbe, welche dünner als 4 Millimeter sind, vollständig magnetisiren.

381. **Folgepunkt.** Nur die beiden letzten Methoden dienen zur Magnetisirung von Stahlnadeln, welche zu genauen Messungen bestimmt sind, weil bei jedem anderen Verfahren leicht mehrere, zwischen den Endpolen liegende Pole, d. i. Folgepunkte entstehen.

382. **Der Doppelstrich.** Hält man im Vorigen die beiden Pole durch ein Holzklötzchen 4 bis 6 Millimeter auseinander und führt sie dann zugleich nach einem und demselben Stabende hin, von da bis an das zweite Ende, hierauf zurück zum ersten u. s. w., bis man endlich, nachdem beide Hälften gleich oft gestrichen worden sind, wieder in der Mitte abhebt: so bekommt man einen Magnet, der den Nordpol an jenem Ende hat, dem der streichende Südpol zunächst stand. Am entgegengesetzten Ende liegt der Südpol.

Die Neigung der Magnete gegen den Stab ist hier am besten 15 bis 25 Grade.

Fig. 292.



Fig. 293.

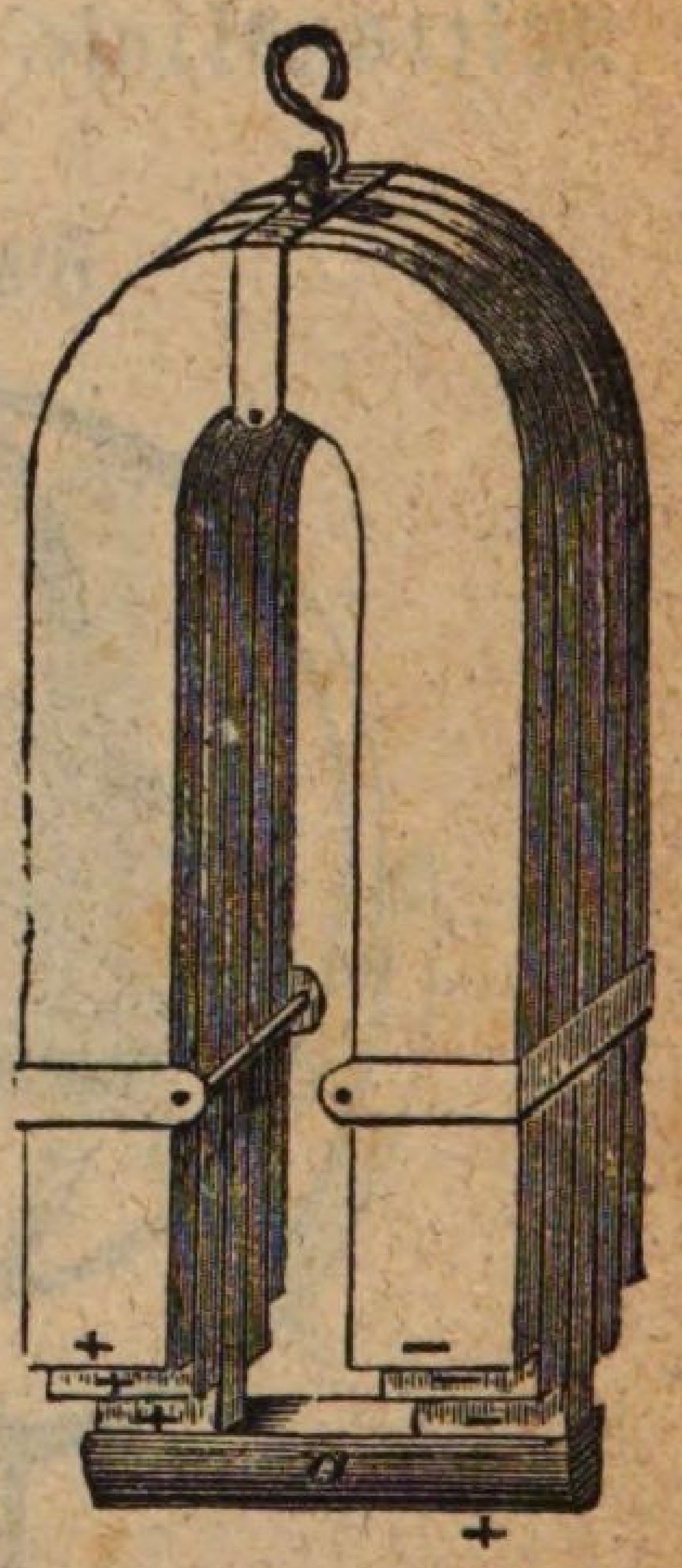
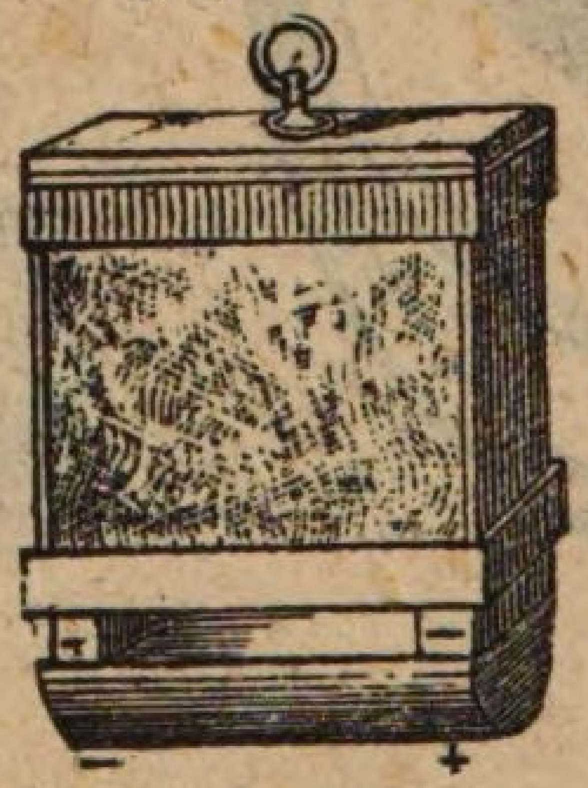


Fig. 294.



383. **Das Magnetisiren der hufeisenförmigen Stäbe.** Man legt (Fig. 292) den unmagnetischen Hufeisenstab mit seinem Bogen an die Pole des hufeisenförmigen Magnetstabes und streicht einige Mal gegen die Enden hin. Der so entstehende Magnet hat mit den streichenden Polen ungleichnamige Polarität.

384. **Magnetisches Magazin** (Batterie). Befestigt man (Fig. 293) mehrere Magnetstäbe mit ihren gleichnamigen Polen aneinander; so wirken sie zwar stärker als vereinzelt, jedoch schwächer als die Summe der magnetischen Kräfte der gesonderten Stäbe.

385. **Stärkung eines Magnetes durch Belastung.** Ein den Polen vorgelegtes, passendes Eisenstück, „Anker“, nebst Gewichten, welche diesem nach und nach angehängt werden, dienen zur Verstärkung der magnetischen Kraft eines einfachen oder (Fig. 293) zusammengesetzten Hufeisenmagnetes.

386. **Armatur.** Zusammengesetzte Magnete aus geraden Stäben und natürliche Magnete (Fig. 294) versieht man an den Polen mit

eisernen Vorlegestückchen, d. i. mit einer Armatur, und verstärkt so ihre Kraft.

387. **Tragkraft eines Magnetes.** Je kräftiger ein Magnet ist, desto mehr Eisen trägt er.

Ein kräftiger Magnet muß sich selbst tragen können, d. h., wenn man ihn umkehrt und bei der Vorlage faßt, darf er nicht abreißen.

1. Der Anker soll immer abgeschoben werden, denn durch das Abreißen desselben wird der Magnet geschwächt.

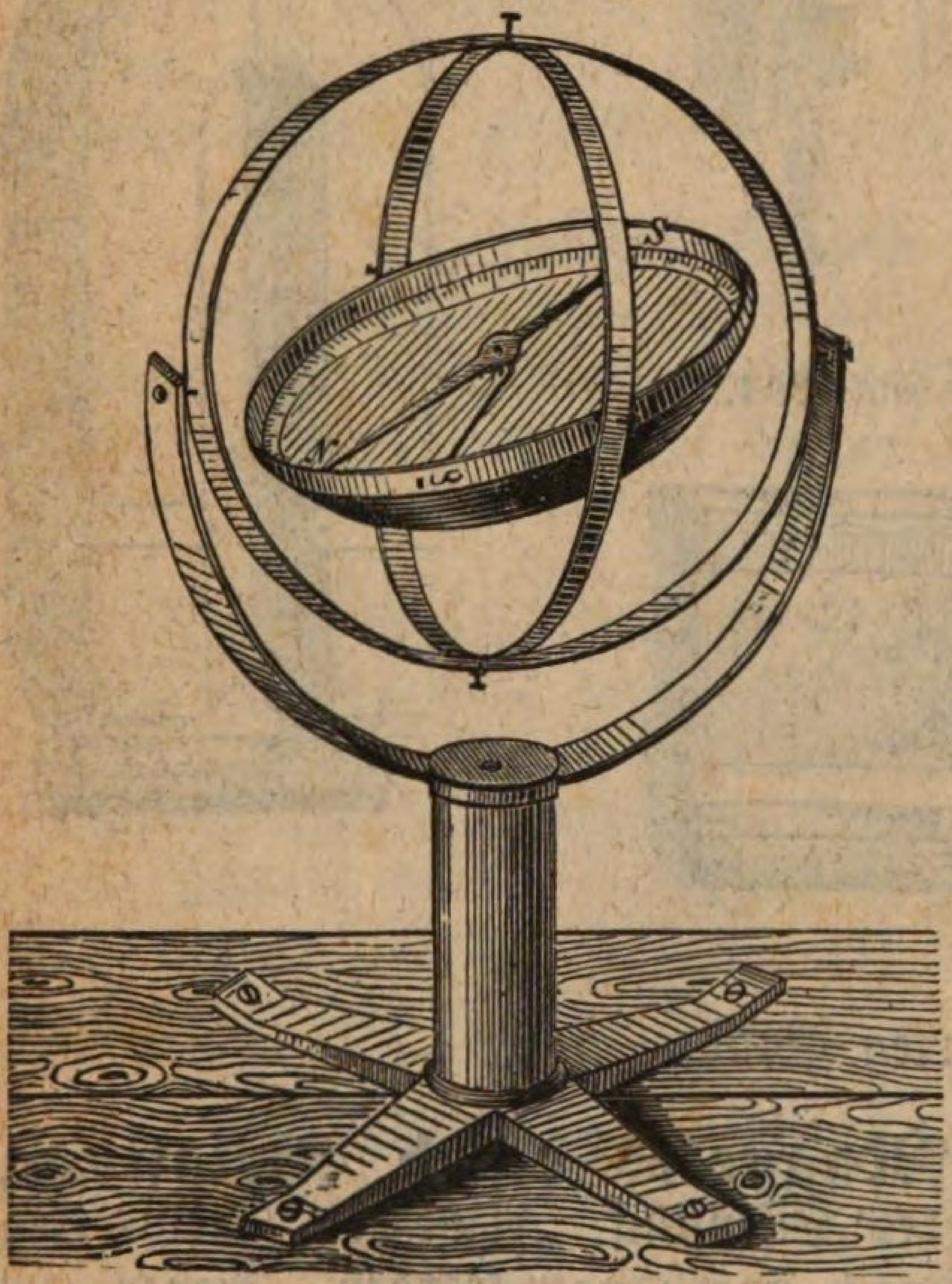
2. Die Form des Ankers ist nicht gleichgiltig. Cylindrische Abschnitte, mit der convexen Seite nach unten gekehrt, scheinen am vortheilhaftesten.

388. **Magnetischer Meridian** heißt jene lothrechte Ebene (Verticalebene), in welcher die Pole der im Schwerpunkte scheitelrecht aufgehängten oder unterstützten Magnetnadel (Fig. 286 u. 287) liegen. Versinnlichung.

389. **Astronomischer Meridian.** Eine Verticalebene, welche den Nord- und Südpunkt des Horizontes enthält, wird astronomischer Meridian genannt.

Die Durchschnittslinie dieser Ebene mit dem Horizonte heißt Mittagslinie. — Versinnlichung mittels Papierblätter.

Fig. 295.



390. **Magnetische Declination.** Der magnetische Meridian macht mit dem astronomischen Meridian einen Winkel, welchen man die magnetische Abweichung oder die magnetische Declination nennt. — Versinnlichung.

Die magnetische Abweichung ist also der Winkel, welchen die magnetische Axe einer in wagrechter Ebene drehbaren Magnetnadel („Declinationsnadel", Fig. 295) mit der Mittagslinie einschließt. — Aus der Versinnlichung.

1. Der Nordpol der Nadel liegt hiebei in Europa, Afrika und theilweise Asien westlich vom Nordpunkt der Mittagslinie.

2. Für Wien betrug die magnetische Abweichung am 20. Juni 1871, ... 11 Grad und 3 Minuten westlich.

3. Jährlich nimmt diese Abweichung um nahezu $^1/_4$ Grad ab. Sie wird daher wieder einmal östlich werden; wann?

4. Die magnetische Abweichung soll schon 1269 von Adsiger entdeckt worden sein.

391. **Declinatorium,** Declinometer oder Declinationsboussole nennt man jede Vorrichtung, welche dazu dienen kann, die magnetische

Abweichung zu messen. Sein Wesen ist eine Magnetnadel, welche (Fig. 295) in ihrem Schwerpunkte um eine lothrechte Axe, im Mittelpunkte einer wagrechten, feinen Kreistheilung, sehr leicht drehbar ist.

392. **Die Schiffsboussole** ist (Fig. 295) eine Declinations-Boussole, welche auf den Schiffen als „Compaß" dient. Die Kreistheilung ist hier mit den 32 Weltgegenden der Windrose versehen.

1. Die Büchse hängt in drei aufeinander senkrechten Axen; warum? (Antw. aus §. 193, Note 2).

2. Compaß in Europa seit 1181; die Chinesen kannten ihn schon vor undenklichen Zeiten. — Um 1300 von Gioja verbessert und mehr verbreitet.

393. **Magnetische Inclination.** Stellt man (Fig. 296) eine Magnetnadel, durch deren Schwer- und Mittelpunkt eine wagrechte Dreh-axe geht, so, daß ihre Ebene mit jener des magnetischen Meridians zusammenfällt, so zeigt sich, daß die Magnetnadel ihren Nordpol senkt.

Fig. 296.

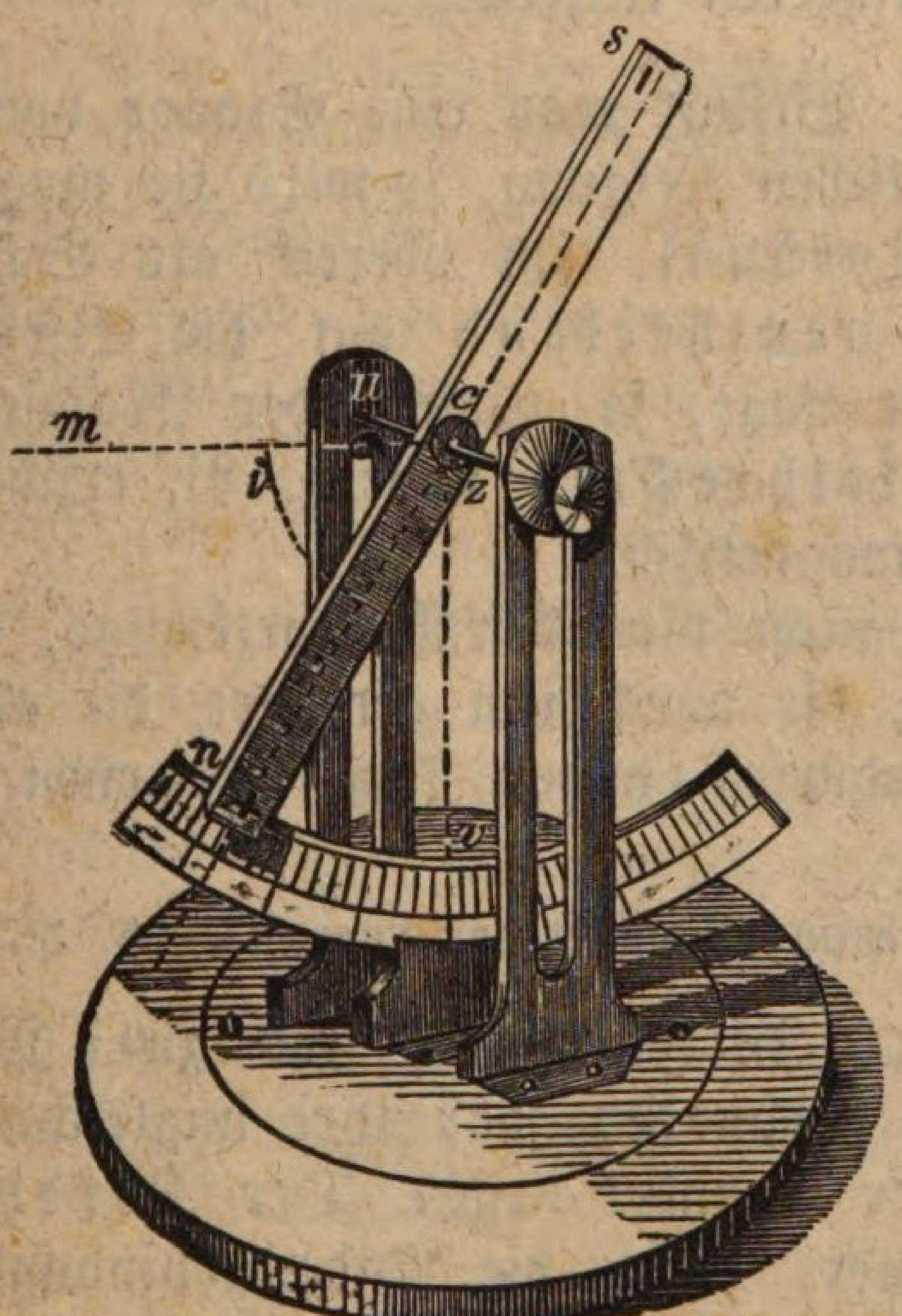
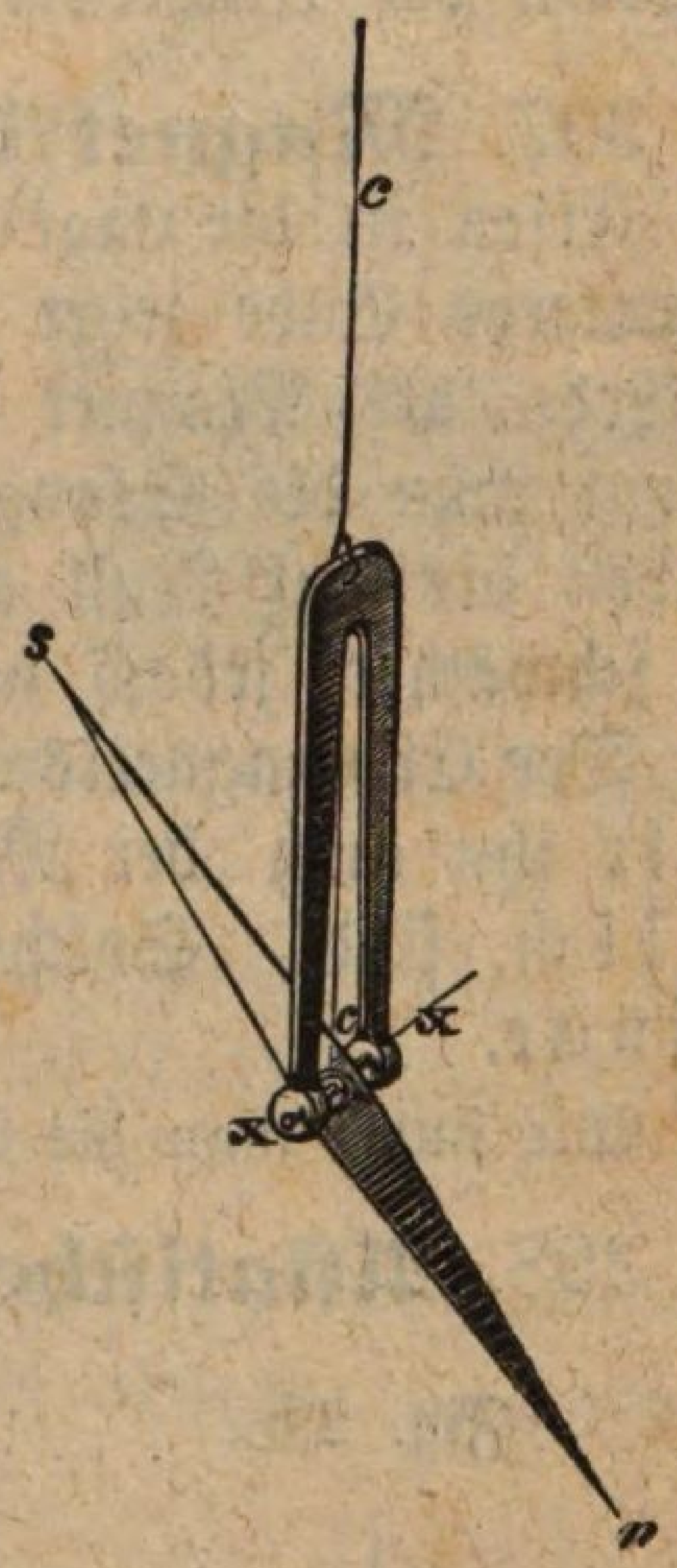


Fig. 297.



Die magnetische Axe der Nadel bildet dann mit einer durch ihren Mittelpunkt gelegten, wasserrechten Ebene einen Winkel, welcher die magnetische Neigung oder magnetische Inclination heißt.

1. Die Inclination ist dann vollkommen, wenn obige Magnetnadel mit ihrer Drehaxe genau senkrecht auf dem magnetischen Meridian gerichtet ist.

2. Für Wien betrug die magnetische Inclination am 20. Juni 1871.....63 Grad und 40 Minuten.

3. Die Inclination wurde entdeckt durch G. Hartmann 1545 und gemessen von Normann 1576.

394. **Inclinatorium** oder Inclinometer heißt jedes Instrument, das zum Messen der magnetischen Neigung verwendet werden kann. Die Haupt-

sache daran ist: Eine Magnetnadel (Inclinationsnadel Fig. 296), welche in ihrem Schwerpunkte um eine wagrechte Axe sehr leicht drehbar ist und zwar im Mittelpunkte einer lothrechten, mit dem magnetischen Meridian parallelen Kreistheilung.

395. **Die Declination und Inclination treten gleichzeitig auf,** wenn (Fig. 297) eine Magnetnadel in einem sehr leichten Messingrahmen so aufgehängt wird, daß sie sich um die lothrechte Axe cc und um die wagrechte Axe xx drehen kann.

Eine solche Nadel stellt sich dann mit ihrer Ebene in den magnetischen Meridian und senkt ihren Nordpol, wie es die Inclination verlangt.

396. **Erdmagnetismus.** Versuche mit den Inclinatorien und Declinatorien an den verschiedensten Punkten der Erde haben zu dem Resultate geführt, daß die auf Magnetnadeln wirkende Kraft von der Erde ausgehe, und daß sich die Erde als ein sehr großer Magnet betrachten lasse.

Die magnetischen Pole der Erde liegen nahezu 30 Grad von den Polen der Umdrehungsaxe der letzteren entfernt.

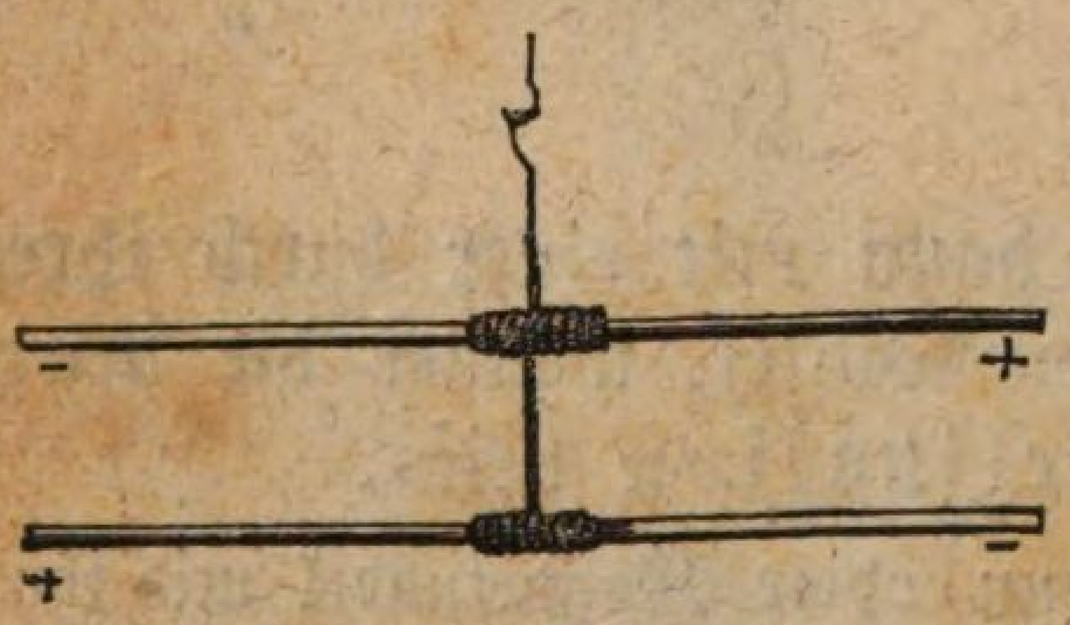
397. **Magnet der Lage.** Bringt man eine Stange von weichem Eisen in die Lage der magnetischen Neigung, so wird sie magnetisch. Ihr unteres Ende zeigt sich als Nordpol, ihr oberes als Südpol. Die Erde als Magnet wirkt hier vertheilend auf die Eisenstange. Entfernt man die Stange aus dieser Lage, so nimmt der Magnetismus derselben bis auf Null ab. In der lothrechten Lage z. B. erscheint sie zwar schwächer, jedoch noch immer magnetisch.

Der Erdmagnetismus erregt nicht blos den Magnetismus, sondern erhält ihn auch bei Magnetstäben, die durch ihn gerichtet, die also beweglich sind. Solche Stäbe bedürfen daher keiner eisernen Vorlegstücke.

Wie findet man die Art der Pole beim „Magnet der Lage." — §. 365.

398. **Astatische Nadeln.** In Fig. 298 sind zwei Magnetnadel so verbunden, daß ihre ungleichnamigen Pole über einander liegen. Der Nordpol der einen Nadel sucht die Nadelverbindung nach Norden zu drehen, während der nach derselben Seite liegende Südpol der anderen Nadel dieselbe nach Süden mit gleicher Kraft wenden will. Die Nadelverbindung bleibt daher bei beliebiger Lage in Ruhe.

Fig. 298.



Magnetnadeln, auf welche die richtende magnetische Kraft der Erde ohne Einfluß bleibt, heißen richtungslose oder astatische. Dieselben werden benützt, um schwache, auf Magnete wirkende Kräfte zu entdecken.

VII.

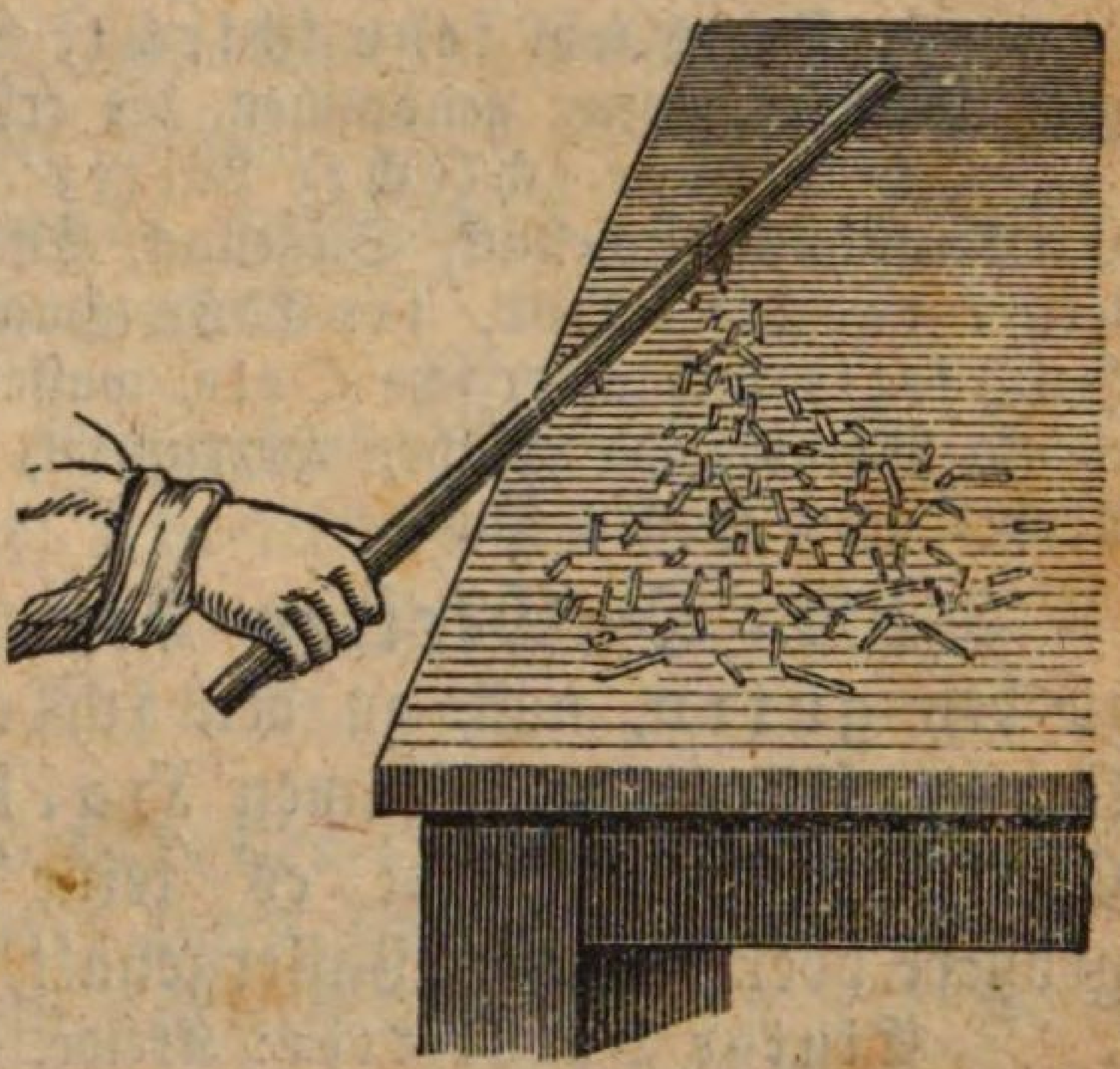
Die Elektricität.

A. Elektricität durch Reibung und Vertheilung.

1. Elektrische Grunderscheinungen.

399. **Anziehungs- und Abstoßungs-Erscheinungen an einem geriebenen Glasstabe.** Reibt man einen Glasstab nach der Länge mit amalgamirten Leder, und nähert ihn gegen Papierschnitzchen: so werden diese (Fig. 299) von dem Glasstabe angezogen, hierauf abgestoßen.

Fig. 299.



1. Hollundermarkkügelchen, bunte, kleine Oblaten, Sägespäne, Metallflitter für die Anziehung und Abstoßung.

2. Grüne und weingelbe Glasstäbe sind zu diesem Versuche besonders tauglich.

400. **Schall- und Lichterscheinungen an einem geriebenen Glasstabe.** Hat man den Glasstab kräftig gerieben, so hört man ein eigenthümliches Knistern und sieht im Finstern einen, dem reibenden Lederflecke folgenden Lichtschimmer.

Fährt man mit der Schärfe eines Fingernagels längs des geriebenen Glasstabes hin, so springen von dem letzteren kleine knisternde Funken nach dem Nagel.

401. **Elektricität.** Ein Körper, welcher solche Erscheinungen zeigt, ist elektrisch. Diesen Zustand bei einem Körper hervorrufen, heißt ihn elektrisiren.

Die Ursache der elektrischen Erscheinungen nennt man elektrische Kraft oder Elektricität. Man bezeichnet jedoch mit diesem Worte nicht selten den elektrischen Zustand selbst.

1. Elektricität wird von Elektron (Bernstein) hergeleitet, weil dieser Körper, gerieben, die erwähnten Anziehungs- und Abstoßungs-Erscheinungen verräth, was schon 600 v. Chr. bekannt war. Erst i. J. 1600 nahm Gilbert diesen Gegenstand wieder auf. Seitdem datiren die Fortschritte der Elektricitätslehre.

2. So oft man elektrische Materie für Elektricität setzen kann, ist dieses Wort in ersterer Bedeutung gebraucht. Hiemit ist aber keineswegs gesagt, daß es eine elektrische Materie oder eine elektrische Flüssigkeit gebe, sondern man drückt sich nur so leichter über die elektrischen Erscheinungen aus.

402. **Gute Leiter der Elektricität.** Sehr viele Körper nehmen, wenn sie mit einem geriebenen Glasstabe bestrichen werden, die Elektricität sehr leicht auf, verbreiten sie sehr schnel

über ihre ganze Oberfläche und geben sie eben so leicht an andere Materien ab. Man nennt sie gute Elektricitätsleiter, Elektricitätsleiter oder Conductoren.

Einige gute Leiter der Elektricität: Viele tropfbare Flüssigkeiten wie Wasser, Säuren, Salzlösungen, feuchte Luft, die Metalle, Kohle, feuchtes, also frisches Hollundermark, Schnee, Holz, Kork, Papier, Stroh, Leinen, Baumwolle, wenn sie feucht sind, der Erdkörper, lebende Pflanzen, der lebende thierische Körper u. m. a.

403. **Schlechte Leiter der Elektricität oder Nichtleiter** heißen jene Stoffe, welche die Elektricität schwer aufnehmen, und dieselbe von jener Stelle, an welcher sie mit einem elektrischen Körper berührt oder gestrichen werden, nur sehr langsam oder gar nicht weiter lassen.

1. Da es wol sehr schlechte Leiter, aber keine eigentlichen Nichtleiter gibt, so wäre, streng genommen, die erstere Benennung vorzuziehen.

2. Einige schlechte Leiter: Glas, Glimmer, Harze, Bernstein, Guttapercha, Hartkautschuck, Schellack, Siegellack, Elfenbein, Seide, wenn diese Körper trocken sind; ferner trockene Luft, trockene Haare, sehr trockenes Papier, frisch gedörrtes Holz, fette und ätherische Oele, wasserfreier Alkohol, Terpentin und andere Balsame; ebenso Metalloxyde, Asche, Hexenmehl, Eis bei — 25° C, vorausgesetzt, daß diese Körper ganz trocken sind.

404. **Halbleiter der Elektricität.** Körper, welche weder zu den guten, noch zu den schlechten Elektricitätsleitern gezählt werden können, führen den Namen Halbleiter. Zwischen den drei Arten der Elektricitätsleiter gibt es keine scharfe Grenzen; es spielt hiebei der größere oder kleinere Wassergehalt, d. i. ihre Feuchtigkeit, eine große Rolle.

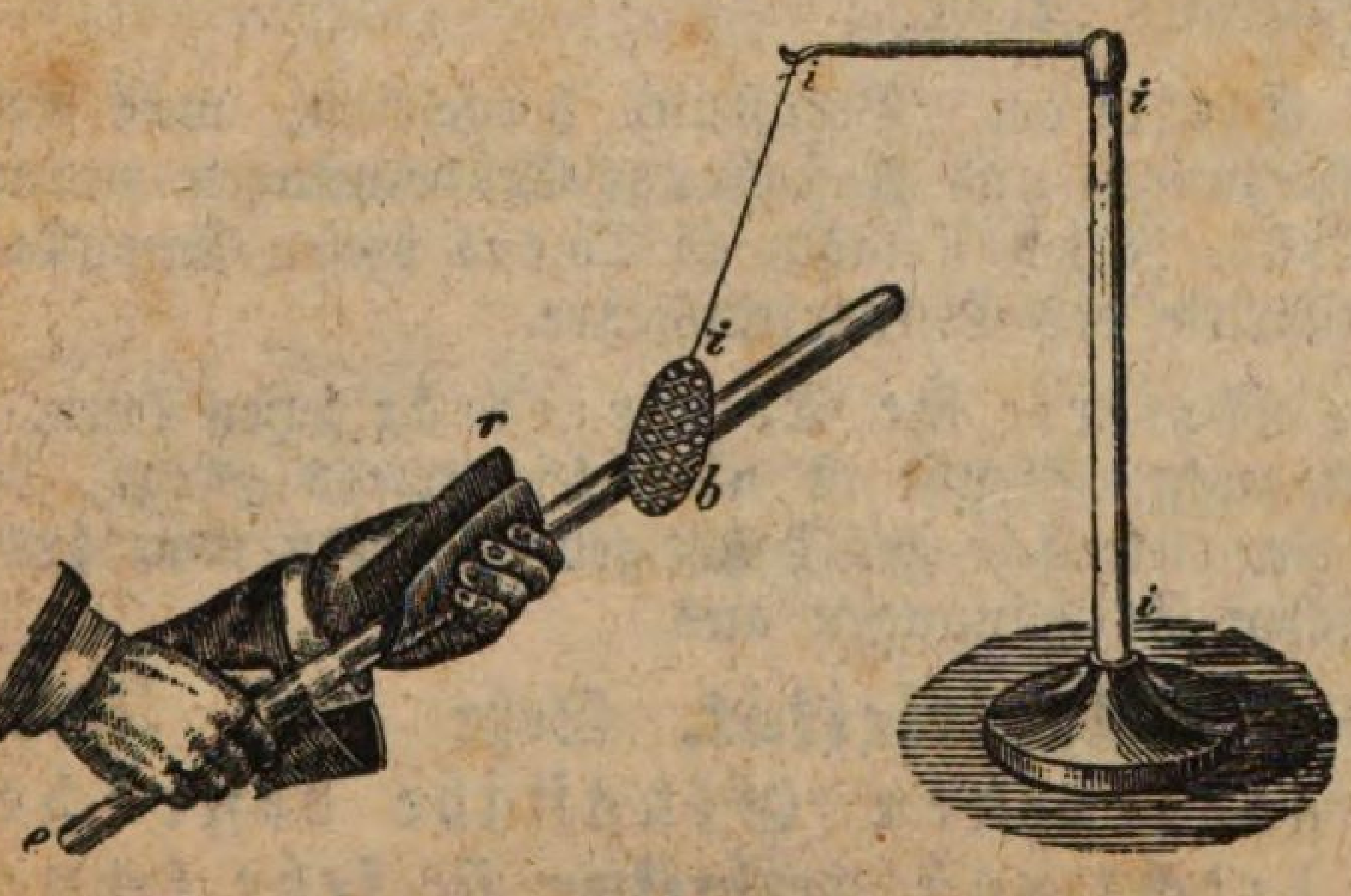
Einige Halbleiter: Kreide, Knochen, Leder und Haare, wenn sie längere Zeit mit feuchter Luft in Berührung waren; halb trockenes Papier, Eis bei 0°C., gewässerter Alkohol, Aether u. s. w.

405. **Elektricitäts-Isolatoren.** Einen guten Leiter von allen Seiten mit schlechten Leitern umgeben, heißt ihn isoliren. Die dazu verwendeten schlechten Leiter nennt man Isolatoren. Einen vollkommenen Isolator gibt es nicht.

Man isolirt die Leiter, wenn man sie an Seidenfäden aufhängt, oder wenn man sie auf Glas stützt. Wenn die Isolatoren und die Luft trocken sind, so ist der Leiter gut isolirt.

Das Glas ist hygroskopisch, d. h. es zieht die Wasserdünste leicht an und wird dadurch leitend. Zur Verhütung dessen überzieht man es, wenn es nicht leiten soll, mit schnell trocknenden Firnissen z. B. mit Copallack, Sandrackfirniß, mit Siegellack oder Rubinschellack-Auflösung. — Lösemittel: allerstärkster Weingeist oder Petroleum.

Fig. 300.



406 **Mittheilung der Elektricität.** Hat man einen isolirten Leiter (Fig. 300) mit einem elektrisch gemachten Glasstabe gestrichen, so zeigt sich der gestrichene Körper an der ganzen Oberfläche elektrisch (§. 402). Der gestrichene Körper ist durch Mittheilung elektrisch geworden.

Die Elektricität, welche der gestrichene Körper sogleich nach der Mittheilung besitzt, hat der streichende, elektrische Körper durch die Mittheilung verloren.

Gray entdeckte die Verschiedenheit der Leitung hinsichtlich der Elektricität und ihrer Mittheilungsfähigkeit (1728 bis 1731).

407. **Belegungen.** Soll einem Nichtleiter an allen Punkten seiner Oberfläche Elektricität mitgetheilt werden, so muß er mit einem Leiter anschließend bedeckt und dann diese leitende Hülle durch Mittheilung elektrisirt werden.

Diese Zuleiter sind Blechhüllen, Zinnblätter oder Stanniol ohne Falten.

408. **Elektroskope.** Als Kennzeichen des elektrischen Zustandes eines Körpers ist von den elektrischen Grund-Erscheinungen jene der Anziehung und Abstoßung am tauglichsten. Diese lassen sich, selbst bei geringen Graden der Elektricität, vermittels eigener Vorrichtungen d. i. Elektroskope, bemerklich machen.

409. **Das Elektroskop mit einfachem Pendel** (Fig. 300) ist ein an einem Seidenfaden hängender, sehr leichter Papierballon b. Wird dieser von einem genäherten Körper A angezogen, und hierauf wieder abgestoßen, so ist der Körper A elektrisch.

410. **Quellen der Reibungs-Elektricität.** Man mag was immer für Körper aneinander reiben, stets wird dadurch Elektricität entwickelt. Am reichlichsten jedoch, wenn ein schlechter Leiter mit einem guten Leiter gerieben wird. Die so erregte Elektricität heißt Reibungselektricität.

Will man zeigen, daß auch Leiter durch Reibung elektrisch werden, so muß man diese beim Reiben isolirt halten. Wäre dieß nicht der Fall, so würde die erregte Elektricität durch den die Elektricität leitenden menschlichen Körper auf die Erdoberfläche überströmen und der geriebene Leiter unelektrisch erscheinen.

1. Dieß ist auch Ursache, warum man in früheren Zeiten glaubte, ein Leiter lasse sich durch Reibung nicht elektrisiren.
2. Warum braucht man schlechte Leiter nicht zu isoliren?

411. **Ansammlungs-Vorrichtungen für die Reibungs-Elektricität.** Jeder Leiter oder Conductor, der zum Ansammeln der mitgetheilten oder erregten Elektricität dienen soll, muß wohl isolirt und abgerundet (vergl. §. 425) sein.

Dieß ist für späterhin zu merken.

1. Jede Spitze, Kante, Ecke, jeder scharfe Rand muß an elektrischen Ansammlungs-Apparaten vermieden werden.
2. Von dem gut abgerundeten elektrischen Sammel-Apparat müssen auch alle spitzigen, eckigen und scharfrandigen Leiter entfernt werden (vergl. §. 425).

412. **Elektrischer Funke.** Wenn Elektricität von einem Leiter durch einen schlechten Leiter, z. B. durch trockene Luft, über trockenes Glas 2c., zu einem zweiten Leiter gehen muß; so erscheint sie als elektrischer Funke. — Wall 1708.

Nähert man einem isolirten, elektrisirten Leiter einen spitzenlosen Leiter, z. B. eine Metallkugel, einen Fingerknöchel, so springt ein elektrischer Funke auf ihn über.

413. **Glas- und Harz-Elektricität.** Bringt man (Fig. 301) zwei Pendel-Elektroskope nahe an einander, und theilt beiden durch Bestreichen mit einer geriebenen Glasstange die Elektricität der letzteren mit, so stoßen sich die Ballone ab.

Dasselbe geschieht, wenn man beide mit einer Siegellack- oder anderen Harzstange streicht, welche soeben mit einem Lappen Katzenfell gerieben worden ist.

Macht man aber den einen Ballon durch das geriebene Glas, den andern durch das geriebene Harz elektrisch; so ziehen sich die Ballone, selbst aus einiger Entfernung, sehr rasch an.

Fig. 301.



414. **Positive und negative Elektricität.** Die Glas- und Harzelektricitäten heben sich bei ihrer Vereinigung, wie positive und negative Größen, auf. Man nennt daher erstere die positive Elektricität (+ E), letztere die negative Elektricität (— E).

Du Fay stellte 1733 den Unterschied zwischen Glas- und Harzelektricität auf. Er hielt dieselben nicht für geradezu entgegengesetzt, wie Franklin um 1747. Lichtenberg endlich führte 1794 die Zeichen + und — für diesen Gegensatz ein.

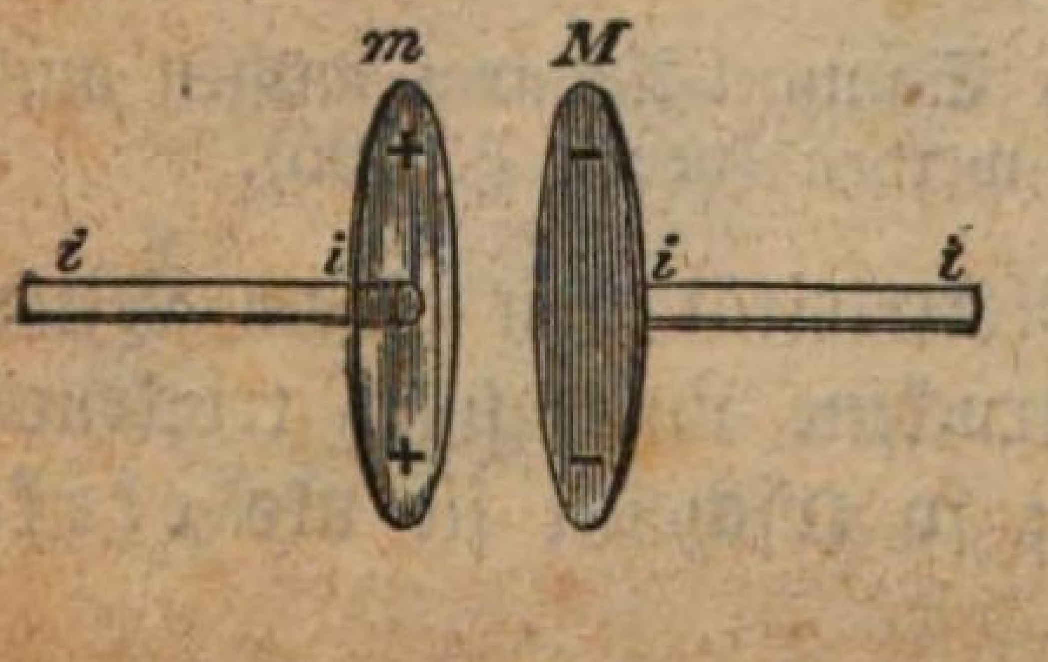
415. **Elektrische Abstoßung und Anziehung.** Aus §. 413 folgt: Gleichnamig elektrisirte Körper stoßen einander ab, ungleichnamig elektrisirte ziehen einander an.

416. **Elektrisches Wirkungsgesetz.** Die Kraft, mit welcher sich gleichnamig elektrische Körper abstoßen, wird 4-, 9-, 16-, 25 . . . n^2mal kleiner, wenn ihr Abstand von einander 2-, 3-, 4-, 5... nmal größer wird. — Coulomb 1785.

Ebenso verhält es sich mit der Größe der Anziehung ungleichnamig elektrischer Körper.

Hierauf beruhen alle Elektroskope und alle weiterhin angeführten elektrischen Anziehungs- und Abstoßungs-Erscheinungen.

Fig. 302.



417. **Bei jeder Reibung tritt positive Elektricität und negative Elektricität auf.** Bei der gegenseitigen Reibung zweier Körper (Fig. 302) wird stets der eine positiv, der andere negativ elektrisch.

Welcher der beiden Stoffe positiv und welcher negativ elektrisch wird, hängt von mancherlei Umständen ab.

1. Polirtes Glas, mit Seide gerieben, erhält positive Elektricität (+E), die Seide negative Elektricität (— E); bei mattgeschliffenem Glase verhält es sich, unter sonst gleichen Umständen, umgekehrt; ebenso, wenn das Reibzeug ein Katzenfell ist.

2. Wie prüft man an dem in Fig. 300 dargestellten Apparat, ob ein Körper positiv oder negativ elektrisch sei?

3. Hawksbee lehrte 1709 die Vorzüglichkeit des Glases für elektrische Erregungen mittelst Reibung.

418. **Die Doppelpendel-Elektroskope (Goldblatt-Elektroskope).** Man hänge an das untere Ende eines isolirten, glatten Metallstäbchens zwei schmale, gleich lange Goldblattstreifen so auf, daß sie sich ihrer ganzen Länge nach decken.

Fig. 303.



Berührt man das abgerundete, obere Ende des Stäbchens mit einem schwach elektrischen Körper; so werden das Stäbchen und die Goldblättchen durch Mittheilung gleichnamig elektrisch. Die letzteren stoßen sich ab, bilden mithin einen Winkel, der desto größer wird, je stärker die Elektricität an den Blättchen ist.

Das Stäbchen, welches die Elektricität zuleitet, heißt der Zuleiter oder Collector.

Der obere Knopf oder die obere Platte des Zuleiters werden Zuleitknopf oder Zuleitplatte genannt.

Die eben besprochene Vorrichtung zeigt sich viel empfindlicher als das Ballon- oder Kugel-Elektroskop; warum? Sie ist der wesentliche Theil des Doppelpendel-Elektroskopes, welches hier ein Goldblatt-Elektroskop (Fig. 303) nach Bennet (1787) ist.

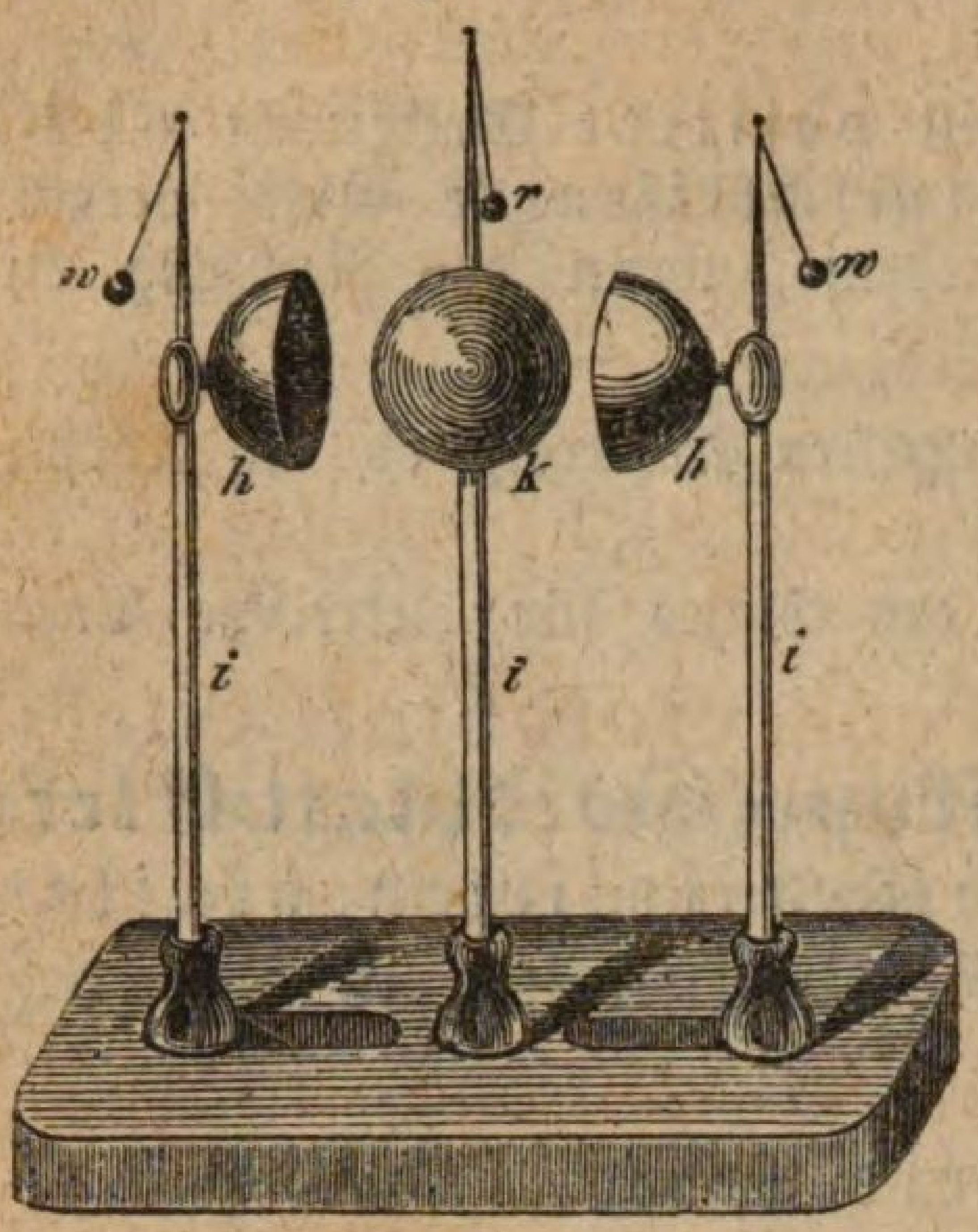
1. Wie wird man die Art der Elektricität prüfen, welche das Goldblatt-Elektroskop zeigt? Doppelpendel-Elektroskop aus Stroh-Halmen; aus Feindraht.

2. In Fig. 301 sieht man bei + + ein Doppelpendel-Elektroskop aus Papier-Ballonen; es ist für Schulzwecke sehr dienlich.

419. **Das Entladen des Doppelpendel-Elektroskopes.** Berührt man ein mit Elektricität geladenes Doppelpendel-Elektroskop mit einem Leiter z. B. mit dem Finger, so sinken die beiden Pendel rasch bis zur gegenseitigen Berührung zusammen. Das Elektroskop ist dann für den abermaligen Gebrauch entladen.

420. **Prüfung des elektrischen Leitvermögens der Körper.** Man legt die zu prüfenden Körper mit dem einen Ende an den Zuleiter eines geladenen Doppelpendel-Elektroskopes (Fig. 301 und 303), während man sie am anderen Ende in der Hand hält. Ein guter Leiter entladet dann das Elektroskop augenblicklich, ein Halbleiter nach einigen Sekunden und ein schlechter Leiter nach wenigstens einer Minute.

Fig. 304.



421. **Die Elektricität ruht stets nur an der Oberfläche.** Man lasse (Fig. 304) eine Metallkugel von zwei hohlen, metallenen Halbkugeln anliegend umschließen. Nun theilt man dem Inneren k oder den Hülsen hh Elektricität mit und zieht die Halbkugeln auseinander. Man findet dann immer nur die Halbkugeln elektrisch.

422. **Elektrische Dichtigkeit.** Ein großer und ein kleiner Körper können an ihrer Oberfläche eine gleiche Menge der Elektricität besitzen; die Dichte der Elektricität oder die elektrische Dichtigkeit ist dann auf dem letzteren viel größer als auf dem ersteren.

423. **Elektrische Spannung.** Die an der Oberfläche der Körper angehäufte Elektricität übt, vermöge ihres Strebens abzufließen, auf die schlecht leitende Umgebung einen Druck aus, welcher die elektrische Spannung heißt. Je mehr die elektrische Dichtigkeit wächst, desto mehr nimmt auch die elektrische Spannung oder die Stärke der Elektricität zu.

424. **Zustand der elektrischen Dichte an verschieden geformten Körpern.** Nur an einer Kugel ist die Dichte, also auch die Spannung der Elektricität an allen Stellen gleich groß.

Bei einem cylindrischen Metallstabe häuft sich die Elektricität an den abgerundeten Enden am meisten, in der Mitte am wenigsten an.

425. **Die Spitzenwirkung.** Bei Spitzen, scharfen Ecken, flammenden und glühenden Körpern ist die elektrische Dichtigkeit so groß, daß die Elektricität durch dieselben sehr leicht entweicht.

Körper, welche dazu bestimmt sind, Elektricität sehr leicht aufzunehmen, müssen mit Spitzen versehen werden, welche man gegen die elektrischen Körper wendet.

Um das leichtere Aufnehmen der Elektricität durch Spitzen bildlich zu bezeichnen, sagt man sie saugen Elektricität.

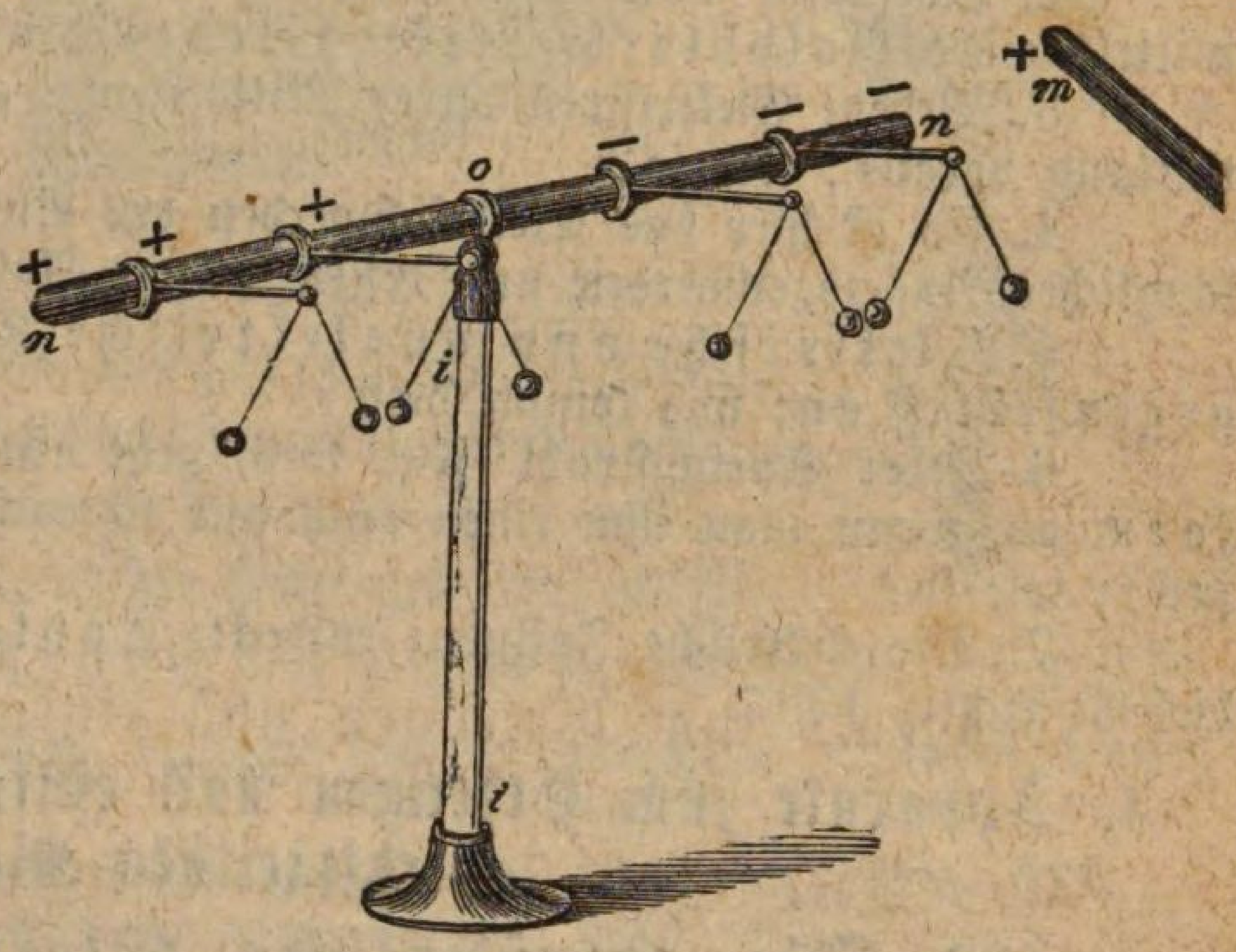
426. **Elektricitätsverlust.** Da es keine absoluten Nichtleiter gibt (§. 403), so verlieren die elektrischen Körper durch die atmosphärische Luft und durch die anderen Isolatoren allmälig Elektricität. Und dieses um so mehr, je größer die Dichte ihrer Elektricität ist.

Für Elektricitäten von bedeutender Dichte muß man daher die besten Isolatoren von größerer Länge wählen.

2. Elektricität durch Vertheilung.

427. **Zweierlei Elektricitäten gleichzeitig auf einem Körper.** Hält man (Fig. 305) einen cylindrischen, wohl isolirten Metallstab nn einem positiv elektrischen Glasstab m nahe, so findet man:

Fig. 305.



Die dem positiv elektrischen Glasstabe m zugekehrte Hälfte des Stabes nn ist negativ, die von ihm abgewendete Hälfte positiv elektrisch.

Der Stab nn ist nicht durch Mittheilung elektrisch geworden, denn sonst müßte er durchaus gleichartig elektrisch sein. Auch müßte der Stab m Elektricität eingebüßt haben, was nicht der Fall ist.

Die entgegengesetzten Elektricitäten des Stabes nn erscheinen gegen seine Mitte schwächer. In der Mitte gibt es einen unelektrischen Gürtel.

428. **Influenzwirkung.** Man sagt von einem Körper, an welchem, wie bei jenem Metallstabe (Fig. 305), vermittelst Fernwirkung eines Körpers gleichzeitig positive Elektricität (+E) und negative Elektricität (—E) sich entwickeln, er werde durch Vertheilung, Induction oder Influenz elektrisch.

Schlechte Elektricitätsleiter können durch Vertheilung nur sehr schwach oder ganz unmerklich elektrisch werden, außer wenn sie sehr dünn sind.

429. **Die natürliche Elektricität.** Der gewöhnliche oder natürliche Zustand des Metallstabes nn (Fig. 305) ist als Ergebniß der Vereinigung der in gleicher Menge vorhandenen positiven Elektricität (+E) und negativen Elektricität (—E) anzusehen. Er wird durch ± E bezeichnet und heißt natürliche Elektricität des Metallstabes.

430. **Gebundene Elektricität.** Berührt man den Stab nn (Fig. 305), während er sich durch Vertheilung elektrisch zeigt, mit dem Finger, so springt zu diesem ein Funke über. Die Pendelchen in der vom Stabe m abgewendeten Hälfte des Stabes nn sinken dann zusammen, während jene in der anderen Hälfte sich noch stärker abstoßen.

Hieraus folgt: Der Stab nn hat nur die positive Elektricität (+ E) verloren. Die negative Elektricität (— E) desselben hingegen wurde von der positiven Elektricität (+ E) der Glasstange gebunden d. h. sie konnte nicht abgeleitet werden.

431. **Einfache elektrische Ladung durch Vertheilung.** Wird (Fig. 305) der elektrisch inducirte Stab nn, nachdem man ihn

leitend berührt hat, weit von der elektrischen Glasstange m entfernt; so zeigt er an seiner ganzen Oberfläche negative Elektricität (— E). Diese ist jetzt frei, d. h. durch einen Leiter leicht abzuführen.

1. Nur schwach elektrische Körper prüft man beim Goldblatt-Elektroskop durch Anlegen. Einen einigermaßen stark elektrischen Körper läßt man aus der Entfernung durch Vertheilung wirken, weil im ersteren Falle die Goldblätter zu rasch auseinander gehen und leicht abreißen würden.

2. Wie kann man durch Vertheilung die Art der Elektricität eines Körpers mittels eines Goldblatt-Elektroskopes prüfen?

3. Jedem Elektrisiren durch Mittheilung geht ein Elektrischwerden durch Vertheilung voraus; wie so?

4. Es ist hier das Elektrischwerden des einfachen Pendels (Fig. 300), sein anfängliches Angezogenwerden und dessen spätere Abstoßung zu erklären!

5. Elektrische und unelektrische Körper ziehen sich eigentlich gegenseitig an; wie kommt dieß?

6. Jeder Springstrahl (Fig. 306) geht auseinander und nimmt eine Palmenform an, wenn man ihm einen auch nur schwach elektrischen Körper nähert (Versuch); wie so?

7. Die elektrische Influenz entdeckte Canton 1753; jedoch erst Wilke deutete dieselbe richtig 1757.

3. Apparate zum Erzeugen und einfachen Ansammeln größerer Elektricitäts-Mengen.

432. **Die gewöhnliche Elektrisirmaschine** (Fig. 307) hat folgende Haupttheile:

Fig. 307.

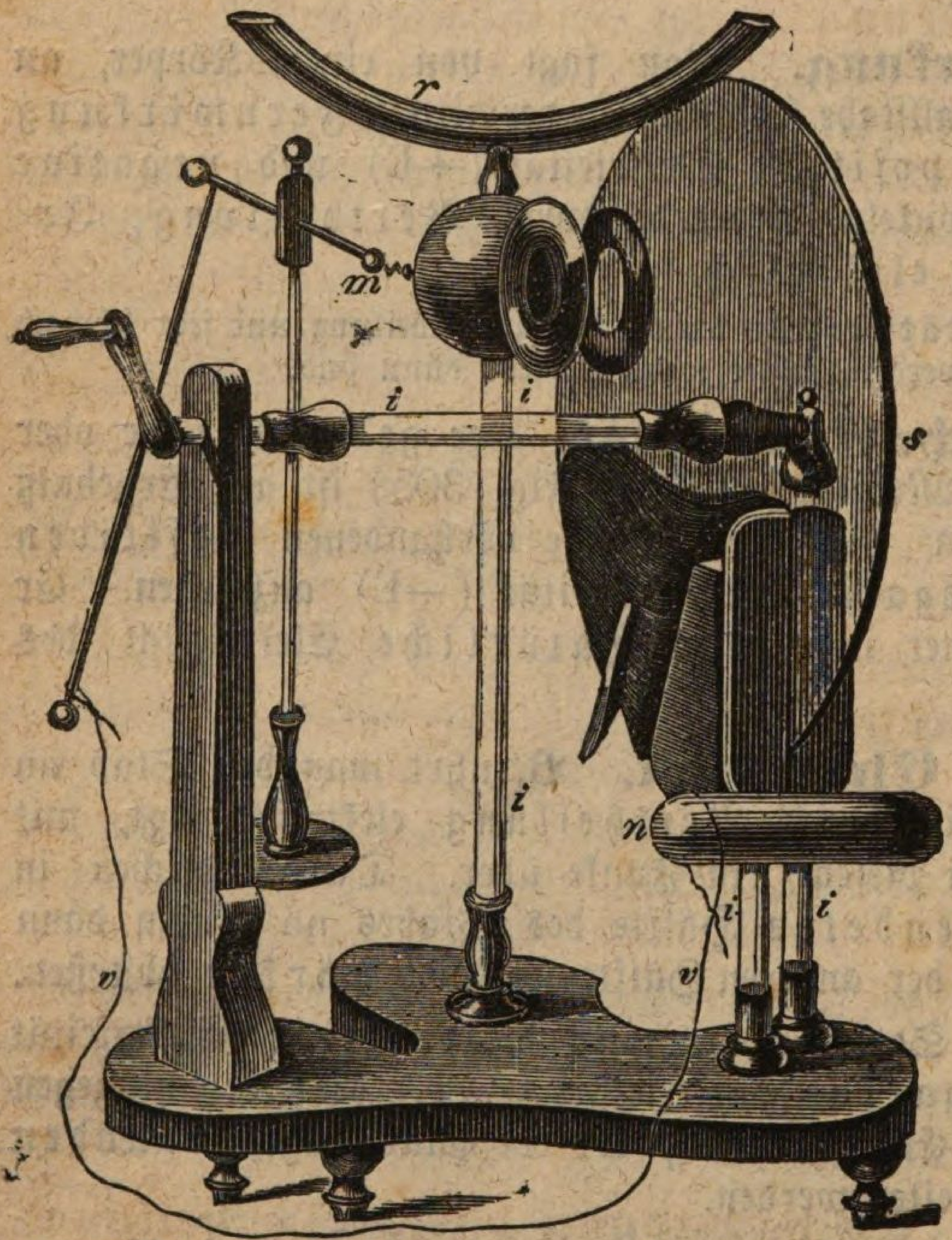
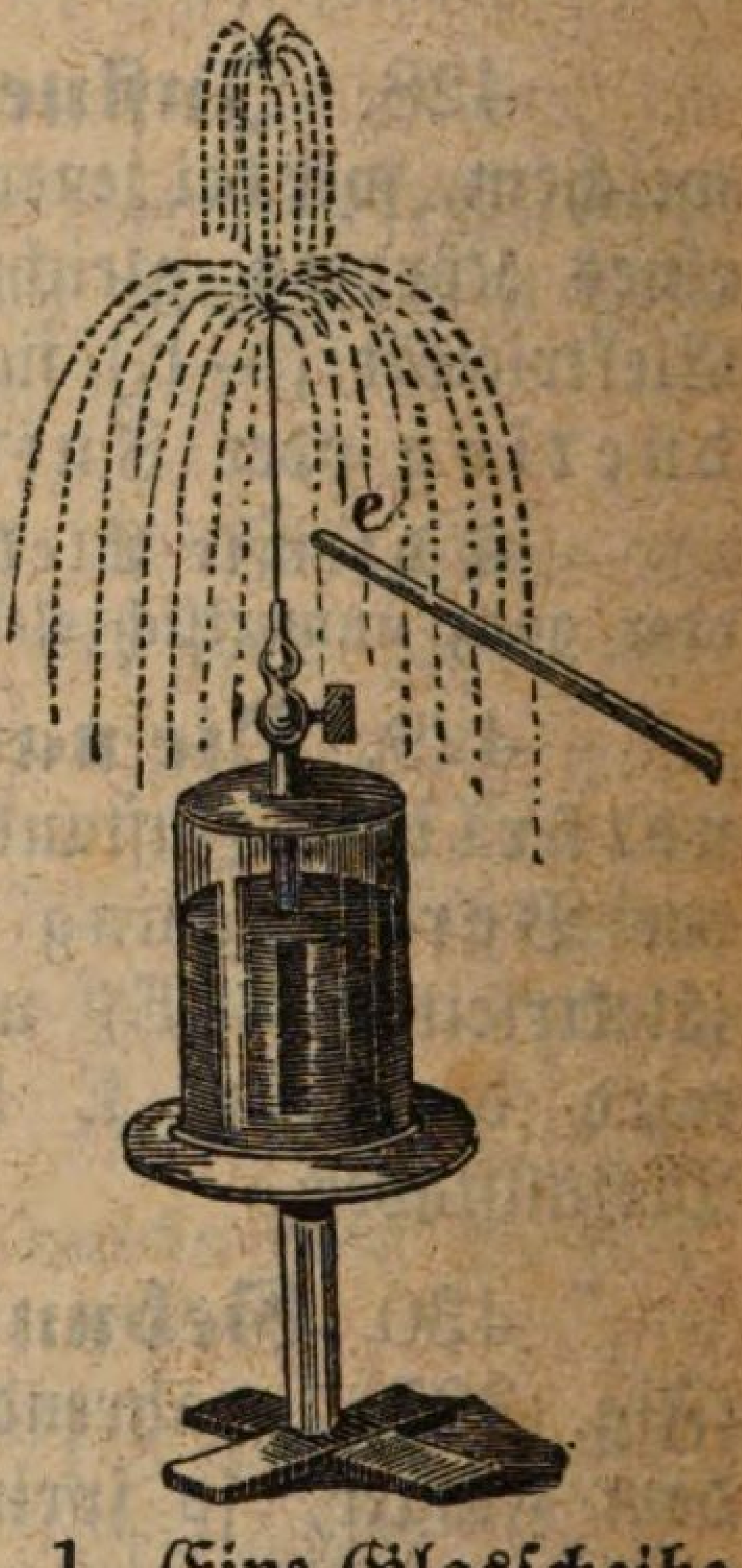


Fig. 306.



1. Eine Glasscheibe s, die gerieben werden soll.

2. Ein amalgamirtes Reibzeug, welches durch Stahlfedern (Fig. 309) an die Glasscheibe s gedrückt wird.

3. Einen isolirten, meist kugelförmigen Leiter oder Conductor.

Fig. 309.

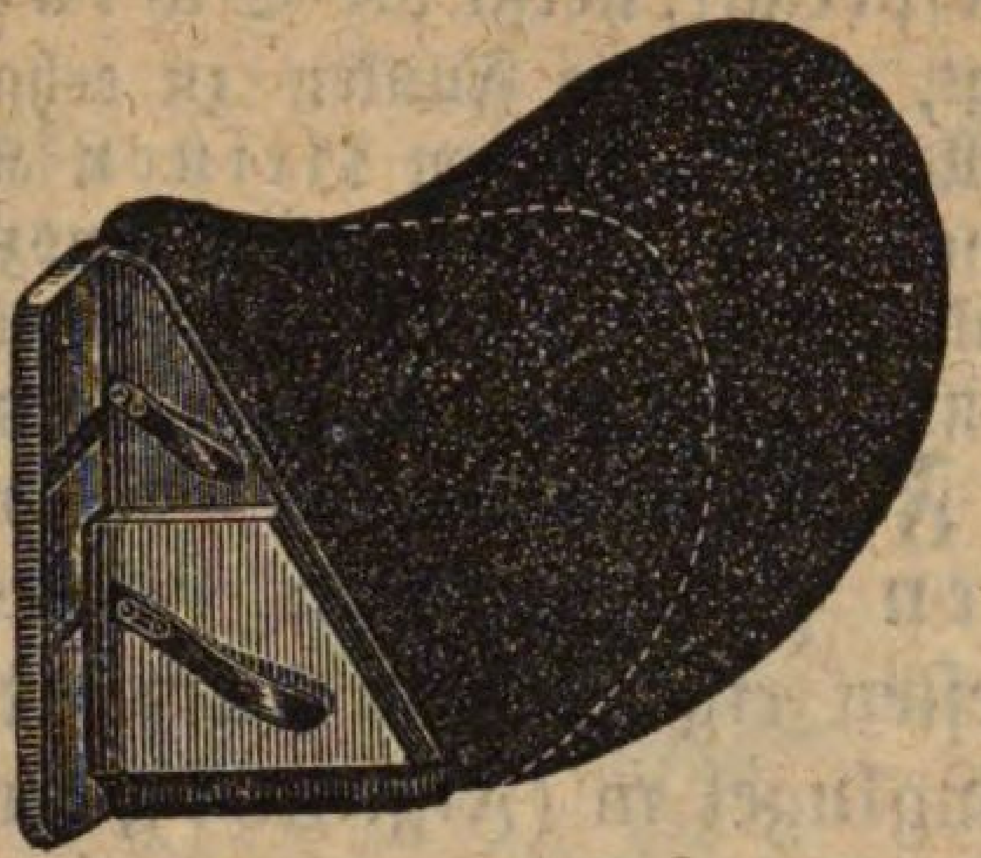
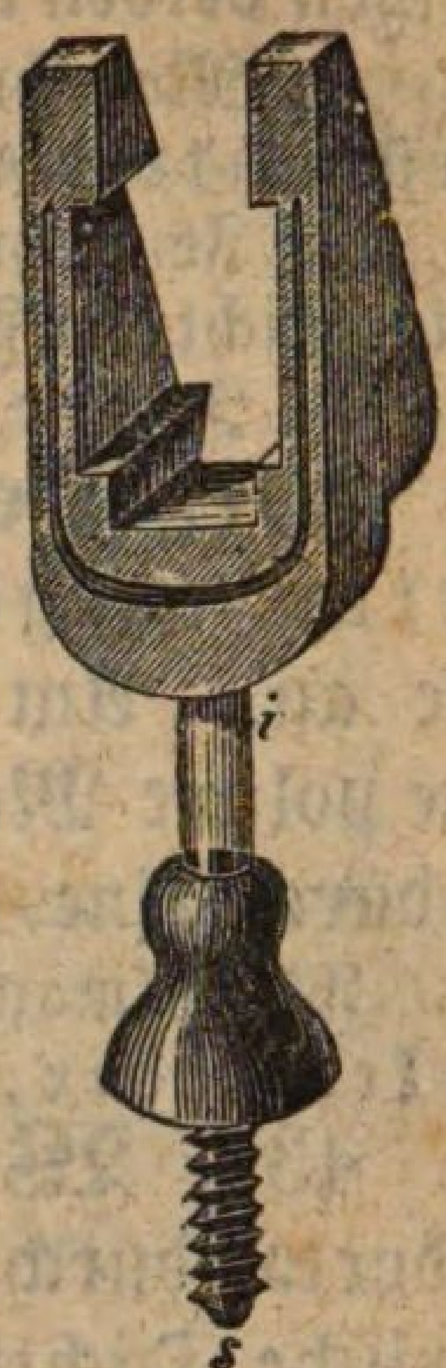


Fig. 308.

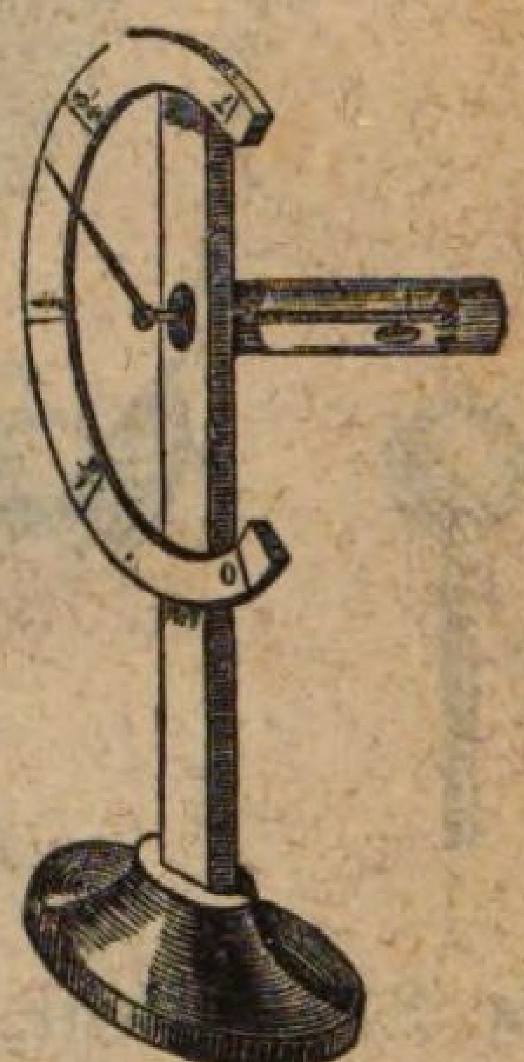


433. **Erregung der Elektricität mittels der Elektrisirmaschine.** Dreht man die Glasscheibe, so wird sie durch Reibung an dem amalgamirten Leder positiv elektrisch. Wenn nun die mit positiver Elektricität geladenen Theile der Scheibe bei den leitenden Ringen des Conductors vorbeikommen, so saugen die der Scheibe zugewendeten Spitzen jener Ringe die positive Elektricität auf, wodurch der ganze Conductor positiv elektrisch wird.

Die negative Elektricität des Reibzeuges wird, vermittels der leitenden Schnur v, in die Erde geleitet, weil sie sonst die freie positive Elektricität des Glases theilweise binden würde.

1. Ob die Luft für die elektrischen Versuche mit der Maschine genügend trocken ist, zeigt ein Saitenhygroskop (Fig. 310).

Fig. 310.



2. Je langsamer die elektrischen Doppelpendel des geladenen Elektroskopes (Fig. 301 uud 303) zusammensinken, desto trockener ist die Luft, desto besser gelingen die elektrischen Versuche.

3. Scheiben aus Hartgummi ziehen die Feuchtigkeit nicht so leicht wie jene aus Glas an; solche Hartkautschuk-Elektrisirmaschinen sind jedoch minder kräftig.

4. Die Elektrisirmaschinen in dem hier angegebenen Sinne, jedoch mit Glascylindern statt der Scheiben, wurden gegen 1743 von den Deutschen Hausen, Winkler und Bose erfunden. Die bequemere und bessere Glasscheibe scheint Ingenhous um 1764 eingeführt zu haben. Guericke kann nicht leicht als Erfinder der Elektrisirmaschine gelten, da er (1672) seine Schwefelkugel bloß mit der Hand rieb und auch kein Conductor vorhanden war.

434. **Negativer Conductor.** Bei größeren Elektrisirmaschinen ist das Reibzeug isolirt und an demselben wird ein Conductor für die negative Elektricität angebracht.

Verbindet man den positiven Conductor mit der Erde leitend und isolirt den negativen Conductor, so kann man am negativen Conductor alle elektrischen Versuche anstellen.

435. **Elektrischer Strom.** Verbindet man (Fig. 307) das negativ elektrische Reibzeug mit dem positiv elektrischen Conductor durch eine gut leitende Schnur v, so entsteht eine entgegengerichtete Bewegung beider Elektricitäten, welche elektrischer Strom genannt wird. Dieser Strom vereinigt die ungleichnamigen Elektricitäten der genannten zwei Körper vollständig mit einander. Beide erscheinen daher während der Verbindung unelektrisch. Eigentlich läuft ein positiver Strom vom positiven Conductor zum negativen Reibzeuge und ein negativer Strom vom negativen Reibzeuge zum positiven Conductor. Man spricht jedoch fast immer nur vom positiven Strome.

436. **Die Schlagweite.** Der größtmöglichste Abstand eines

guten Leiters vom Conductor, bei welchem noch ein elektrischer Funke zwischen beiden überspringt, heißt die Schlagweite einer Elektrisirmaschine.

1. Man bringt, um lange Funken zu erhalten, den ableitenden Körper an die gekrümmtere Stelle, z. B. an den kleinen Knopf des Conductors.

2. Je mehr man den Messingknopf herauszieht, desto weiter, aber desto weniger kräftig bricht der Funke hervor. Der Knopf dient also als Regulator der Schlagweite.

3. Je trockener die Luft ist, desto größer fällt die Schlagweite aus.

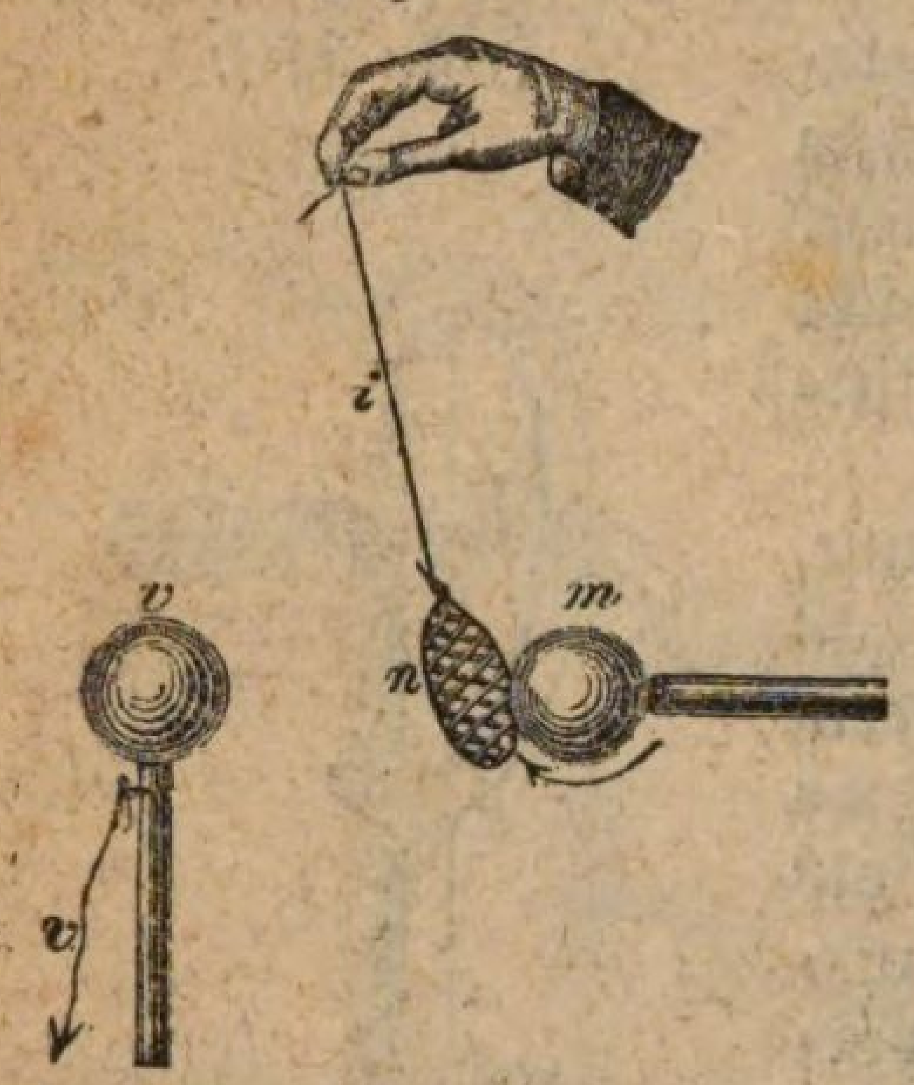
437. **Der Funkenzieher.** Auch auf die Form des dem Conductor entgegen gehaltenen Leiters kommt es bei der Schlagweite an. Am besten eignet sich hierzu ein Funkenzieher d. i. eine kleine polirte Messingkugel m (Fig. 307), welche auf einem Glasfuß ruht und sich durch eine metallische Schnur mit der Erde leitend verbinden läßt.

Führt man —E des Reibzeuges vermittels einer leitenden Schnur zu dem Funkenzieher, so wird die Schlagweite der Elektrisirmaschine gesteigert; warum?

438. **Winter'scher Ring.** Vergrößert man (Fig. 307) den Conductor durch Aufsetzen eines großen, gut leitenden Reifes; so wird die elektrische Dichtigkeit des Conductors, mithin seine Schlagweite sehr vermehrt.

Versuche mit der Elektrisirmaschine (§. 439—447).

Fig. 311.



439. **Elektrische Anziehung und Abstoßung.** Sobald (Fig. 311) der Conductor elektrisch wird, zieht er den Papierballon bis zur Berührung an, und stößt ihn sogleich wieder ab. Der Ballon schwingt bis zu dem gut leitenden, mit der Erde durch eine Metallschnur o. dgl. verbundenen Körper v und gibt an diesen seine Elektricität ab. Er wird daher abermals von dem Conductor angezogen und gleich darauf wieder abgestoßen u. s. w.

Hierauf beruhen die Anziehungs- und Abstoßungs-Erscheinungen bei den Apparaten, welche in Fig. 312 bis 328 abgebildet sind.

Fig. 312. (Elektr. Fliege oder elektr. Schmetterling).

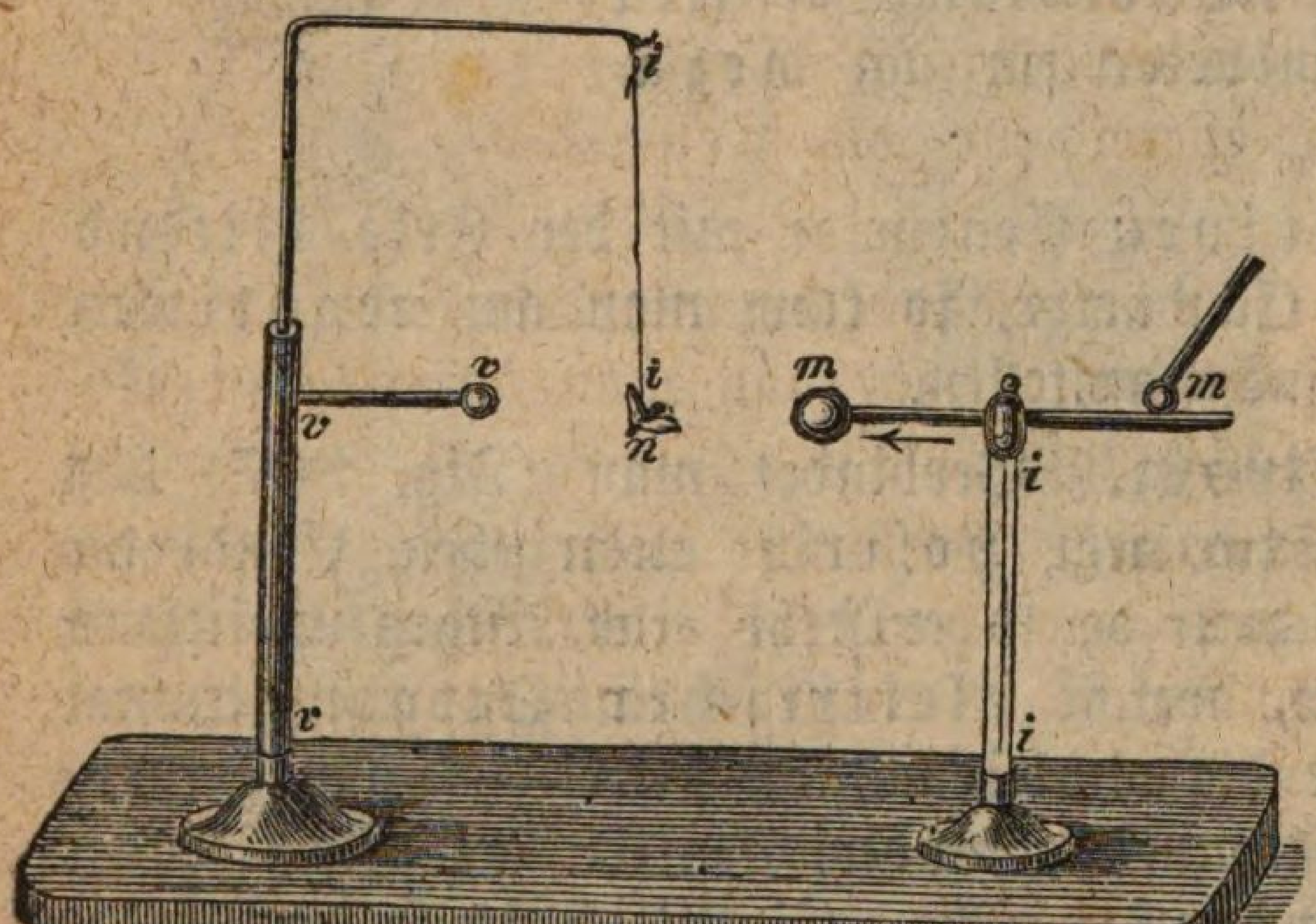
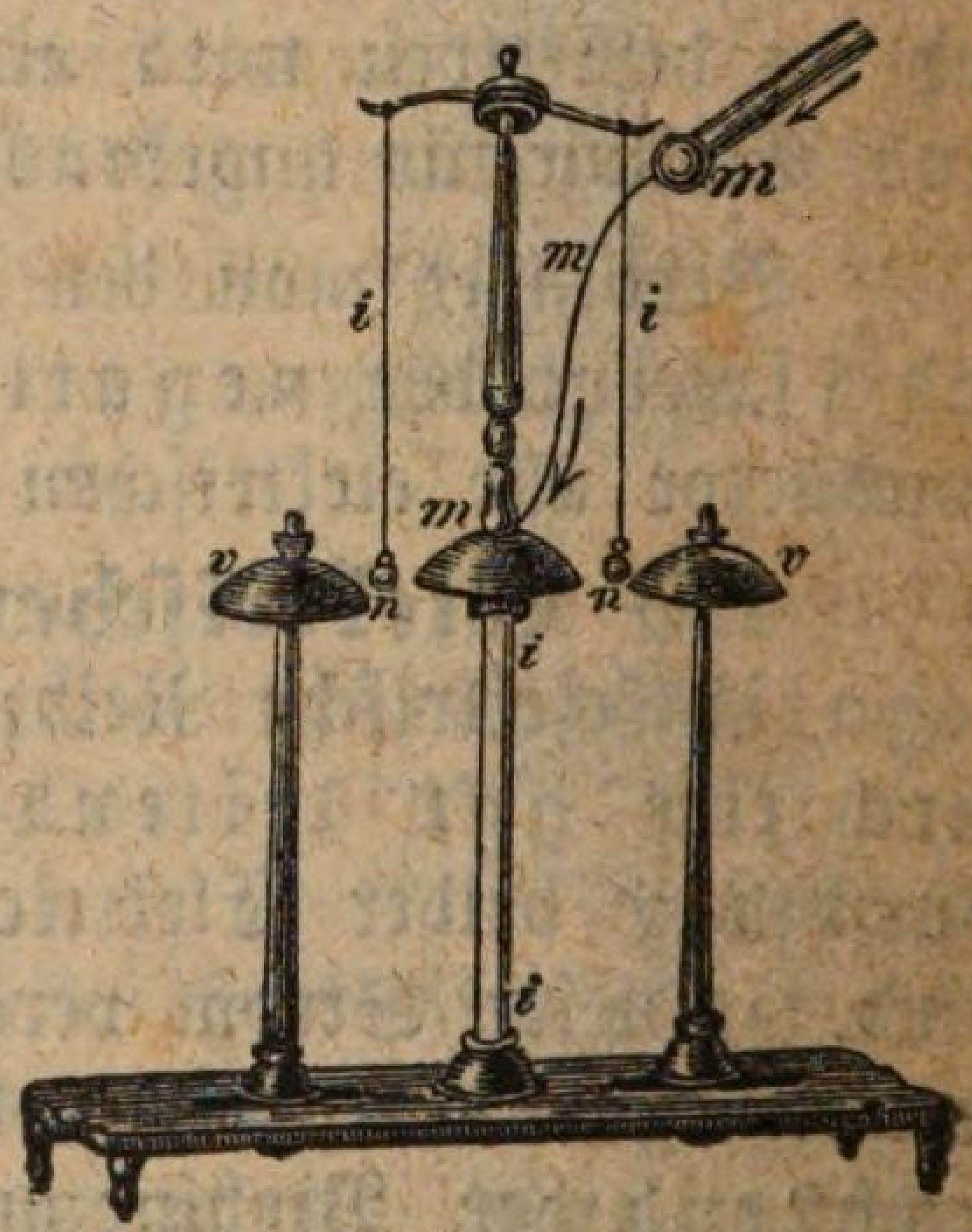


Fig. 313. (El. Glockenspiel).



Zur Uebung. 1. Das Prinzip des el. Busches (Fig. 320) wird für verschiedene elektrische Spielereien, z. B. beim Glasbusch, für fedesträubende Vögel 2c. angewendet.

2. Die el. Tänzer (Fig. 316) sind aus Hollundermark und bekommen an den Füßen Stecknadeln mit den Köpfchen nach außen; warum? — Schwerpunkt.

Fig. 314. (El. Hagel- oder Kugelspiel.)

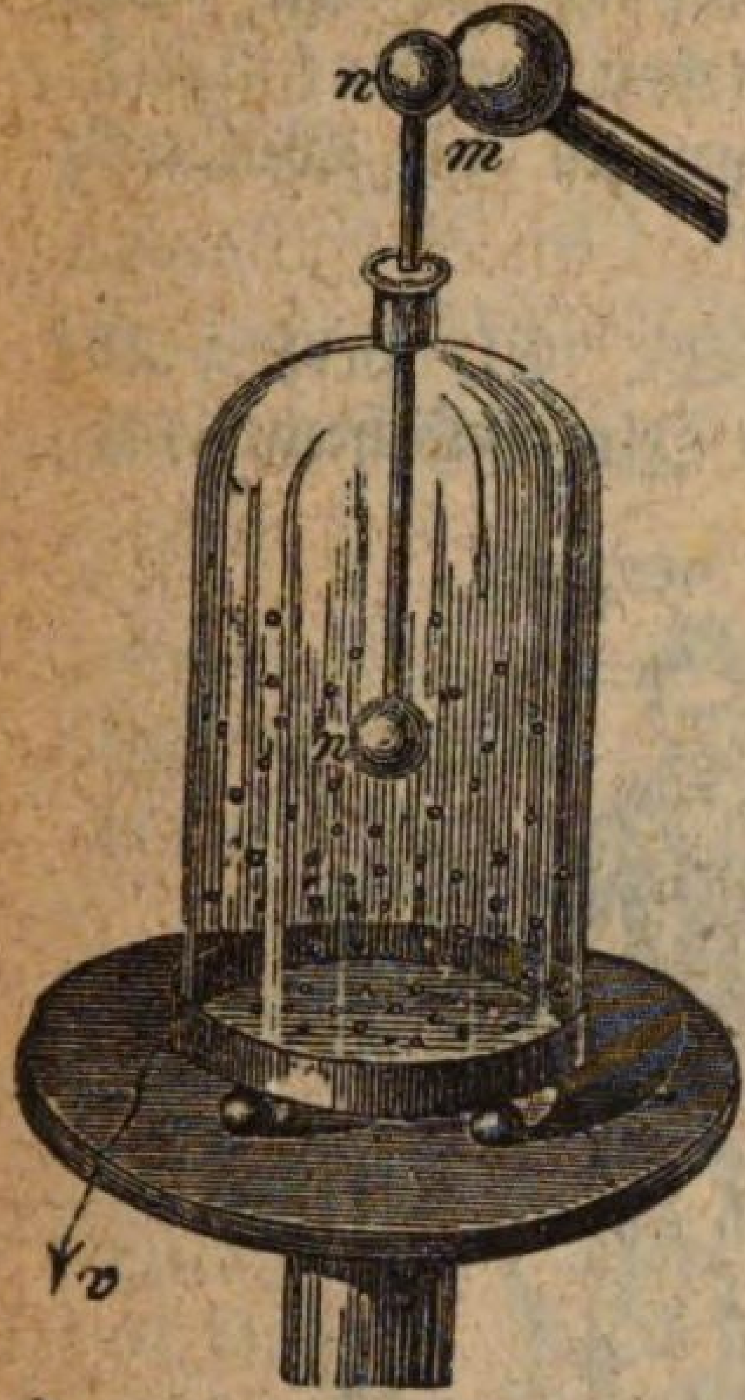


Fig. 315. (Elektr. Ballspiel).



Fig. 316. (El. Tänzer).

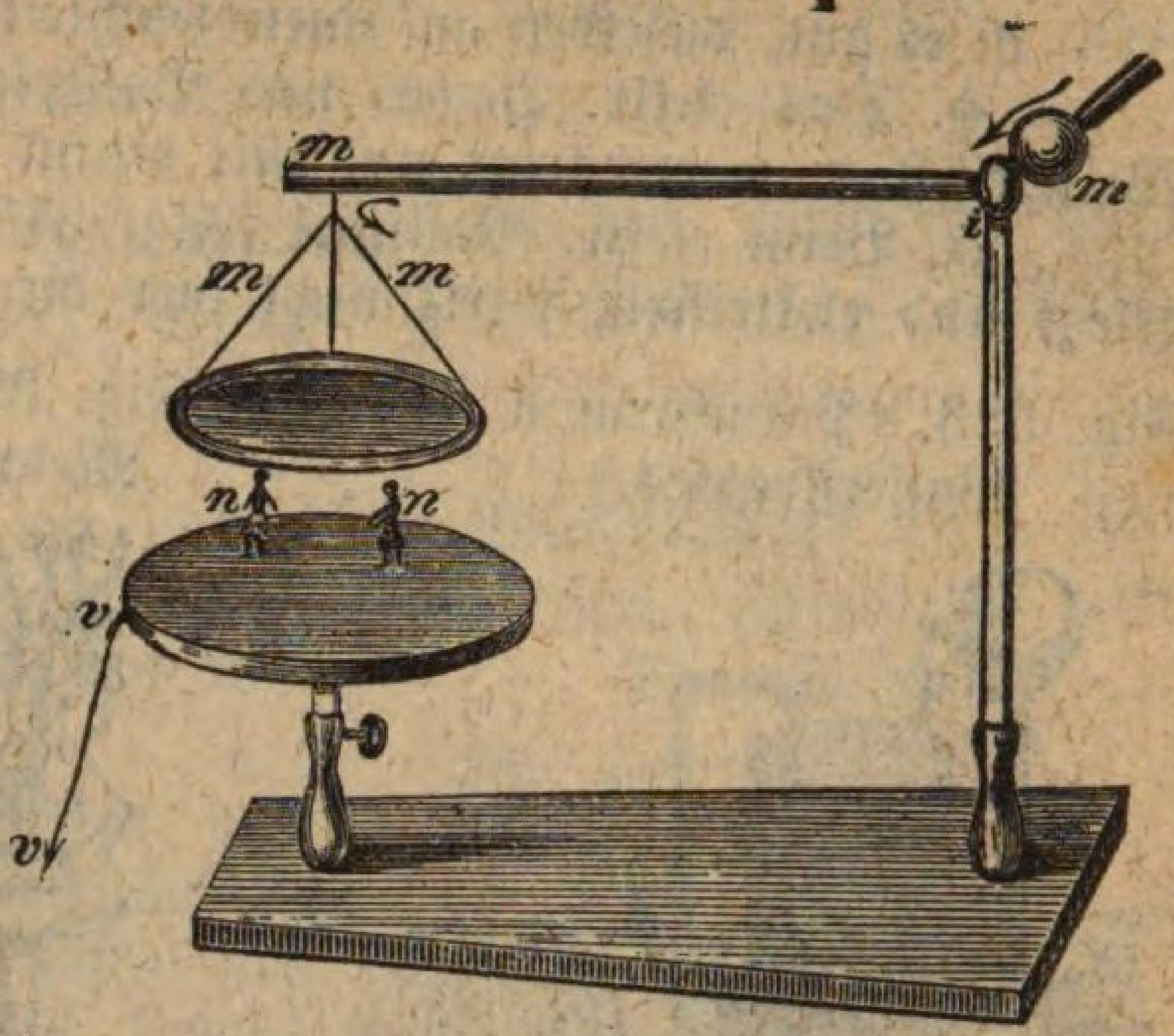


Fig. 317. (El. Hammer.)

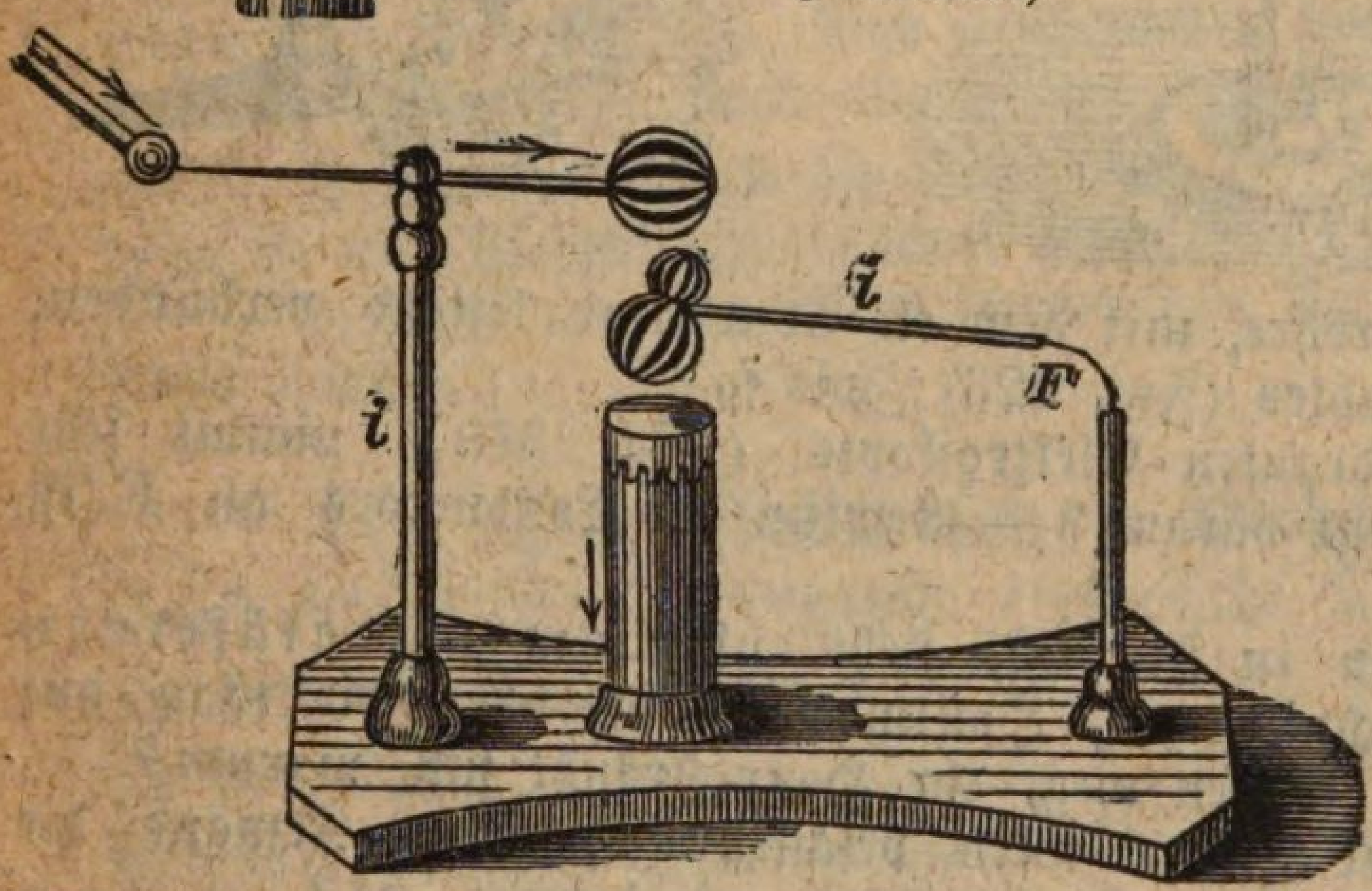


Fig. 318. (El. Trommel).

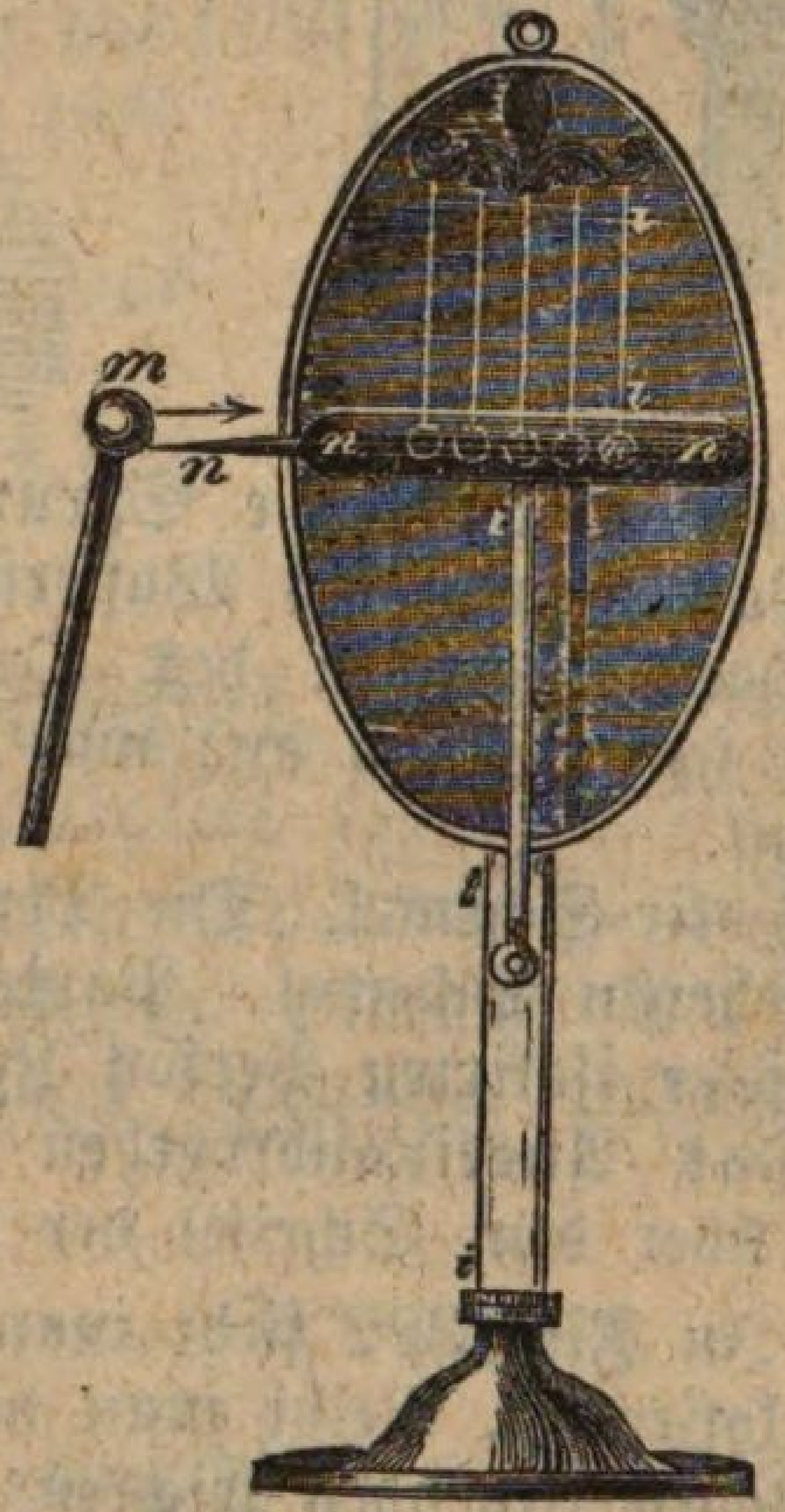


Fig. 319. (El. Quadranten-Elektroskop.)



Fig. 320. (El. Papierbusch.)

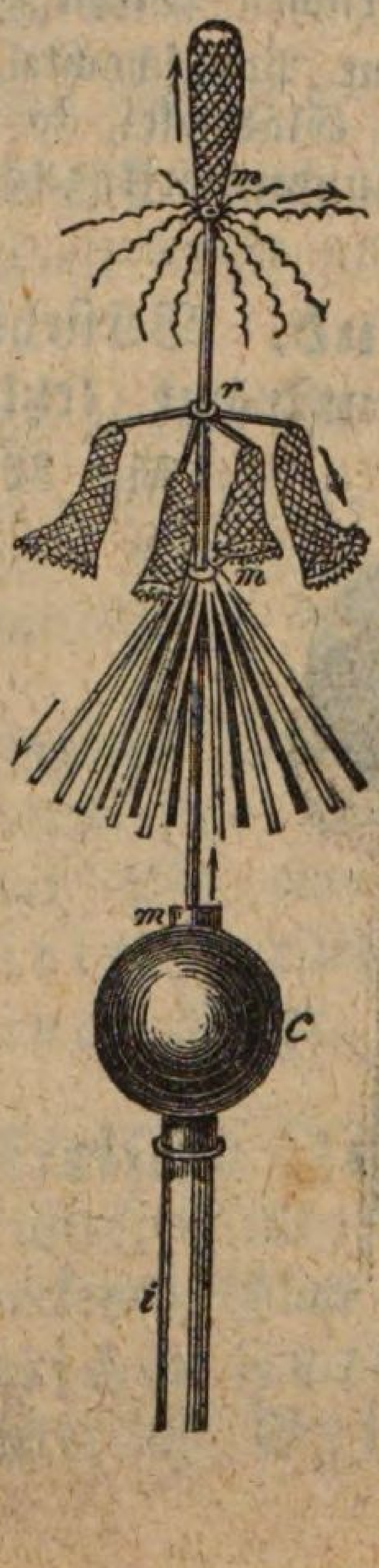


Fig. 321. (El. Blumen.)

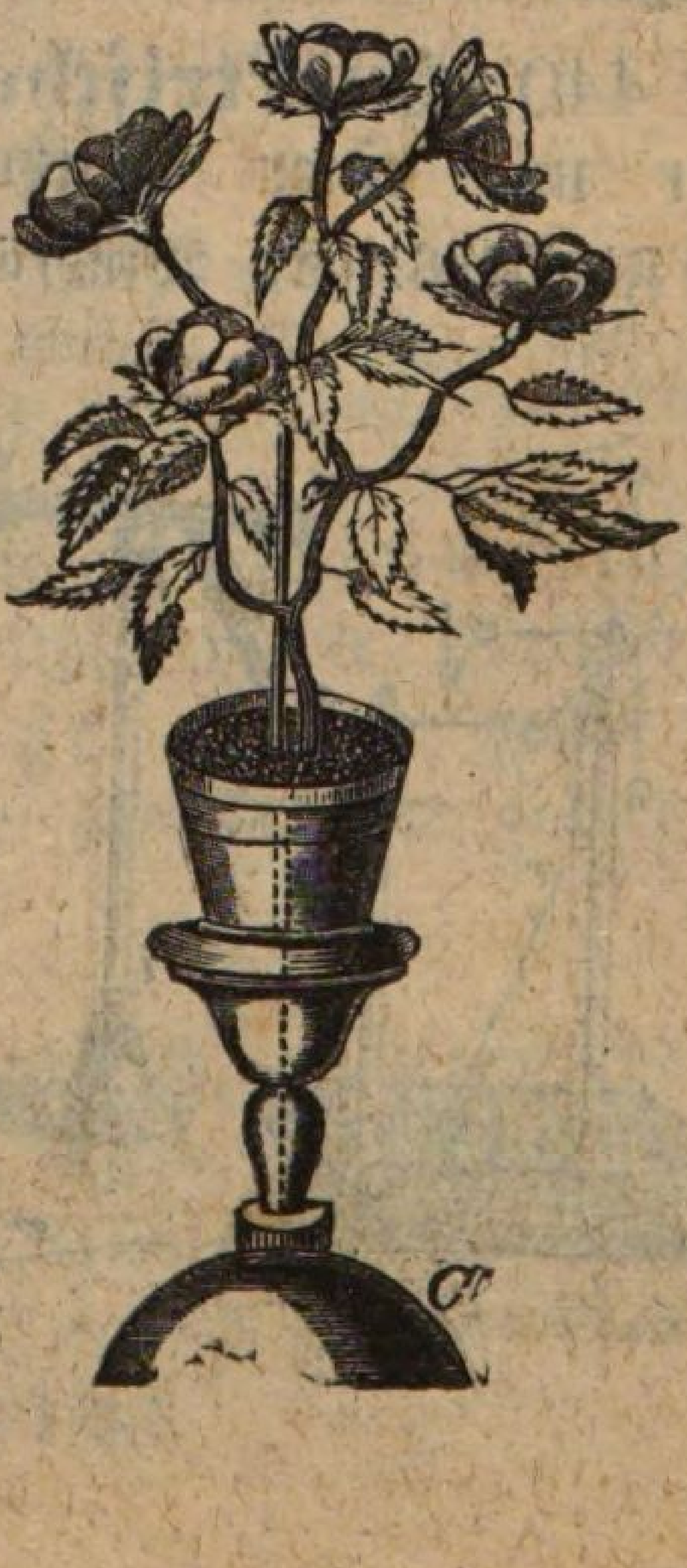
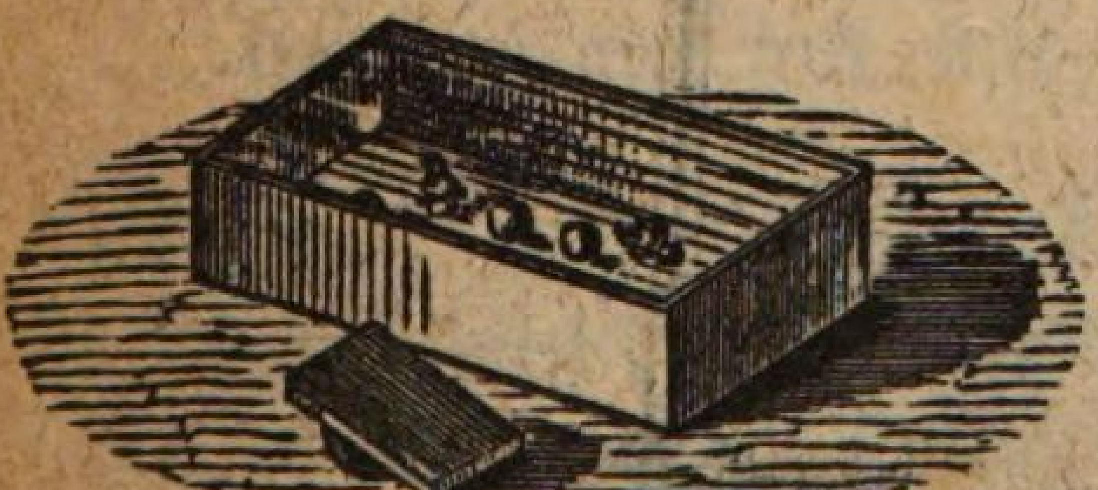


Fig. 322. (El. Cassette.)



3. Vor dem Versuche mit den el. Tänzern (Fig. 316) oder el. Kugeln (Fig. 314 und 315) ist es gut, dieselben an einen feuchten Ort zu legen oder sie anzuhauchen; warum?
4. Das elektr. Hagel- und Ballspiel gelingt sicher, wenn die Gläser an einer Weingeistflamme erwärmt und mit einem Seidenlappen gut abgerieben werden.
5. Beim elektr. Ballspiel (Fig. 315) wird der Zuleitstab nur an die Wölbung gelegt und elektrisirt; wirkt nicht hier die elektr. Vertheilung?

Fig. 323. (Palmform d. el. Wasserstrahles.)

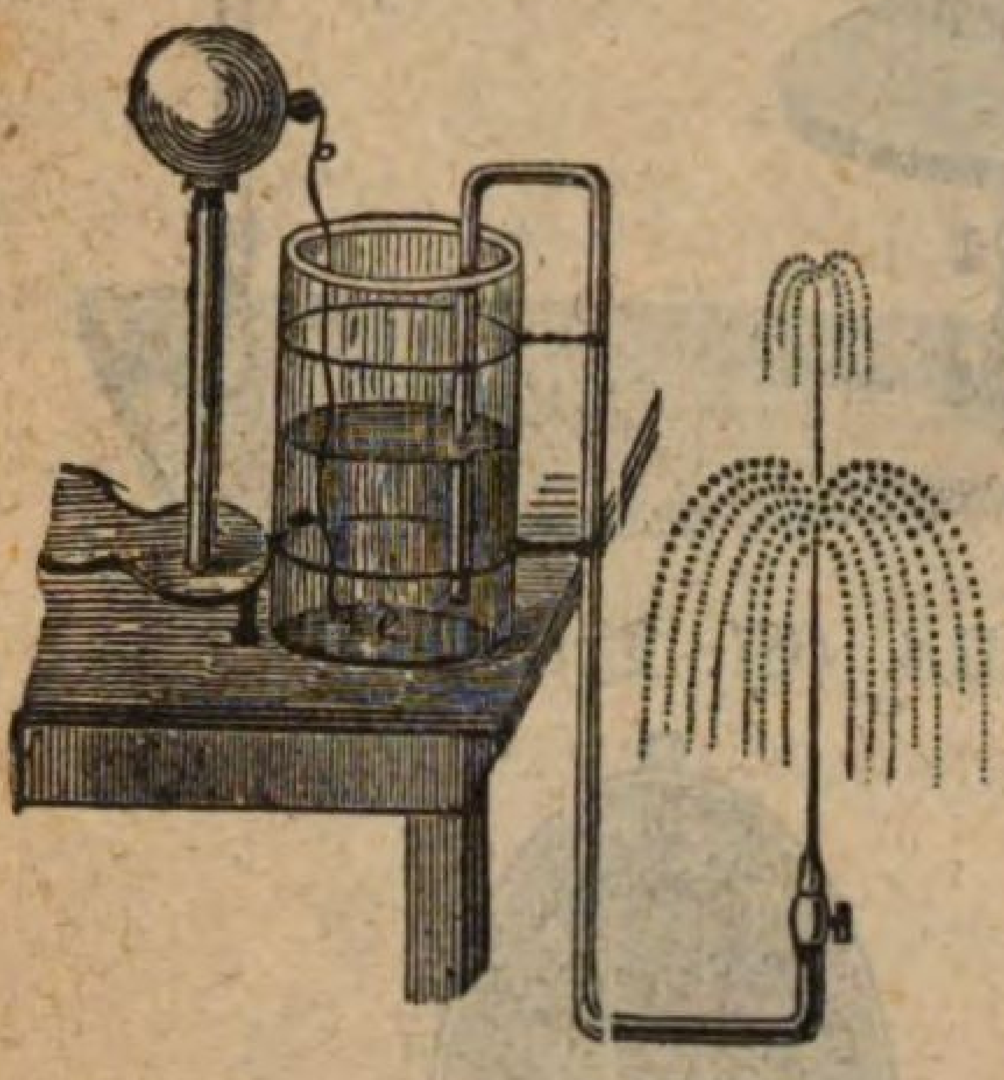


Fig. 324. (Das el. Medusenhaupt.)

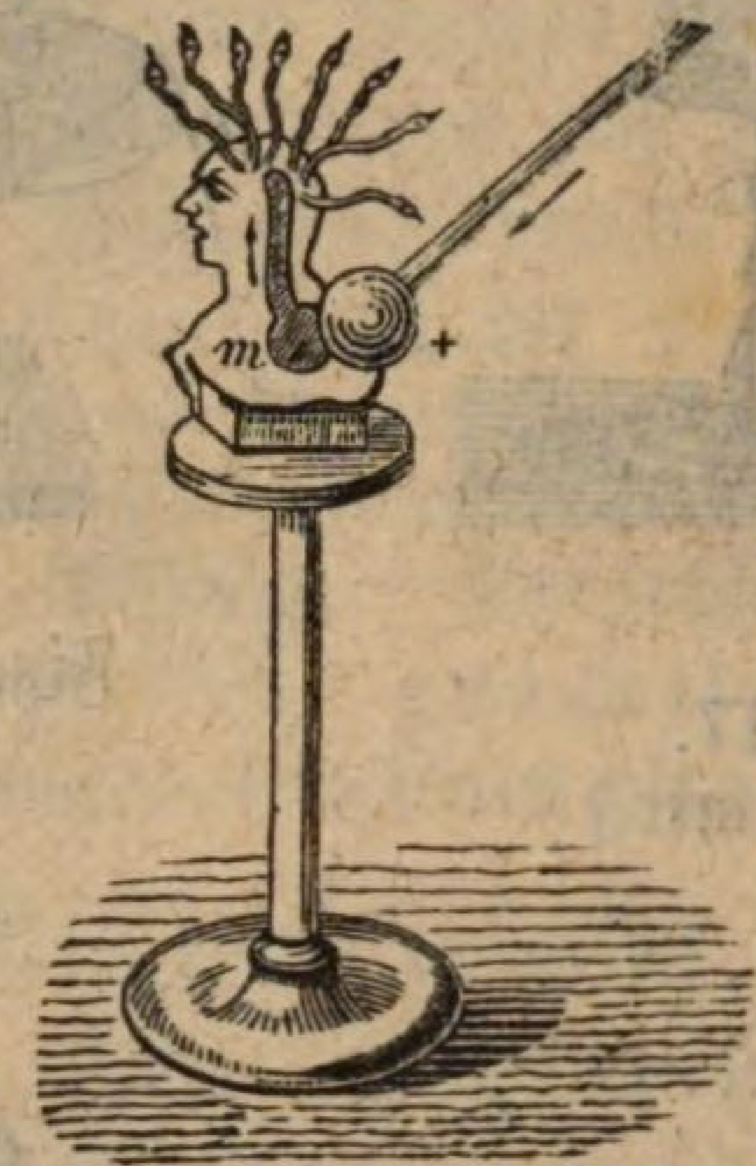


Fig. 325. (El. Person auf dem Isolir-Schemel.)



6. Jede metallene Sprungröhre, mit dem el. Conductor leitend verbunden, liefert die Palmformen des Wasserstrahles (Fig. 323); wie so?
7. Das Kügelchen des Quadranten-Elektroskopes (Fig. 319) nimmt sehr schnell einen festen Stand an; was folgt daraus? — Gewinn des Conductors an E ist gleich Verlust.
8. Isolir-Schemel. Die Person in Fig. 325 steht auf einem mit gläsernen Füßen versehenen Schemel. Papierschnitzelchen, Hollundermarkkügelchen, die man auf die Hand dieser isolirten Person legt, fliegen weg, ihr Haar sträubt sich, warum?
9. Das Auseinandergehen der Haare wird beschleunigt, wenn Jemand die Hand flach über dem Scheitel der elektrischen Person hält; wie kommt das?
10. In Fig. 322 sieht man eine Pappschachtel, welche oben mit einer Glasscheibe geschlossen ist. Reibt man diesen Glasdeckel, so werden die in der Schachtel am Stanniol-Boden liegenden leichten Hollundermarkkügelchen und Figuren angezogen und abgestoßen; wie kommt das?

440. **Elektrischer Wind.** Versieht man einen elektrischen Conductor mit einer Spitze, so entströmt letzterer Elektricität (§. 425).

Fig. 326. (El. Windrädchen.)

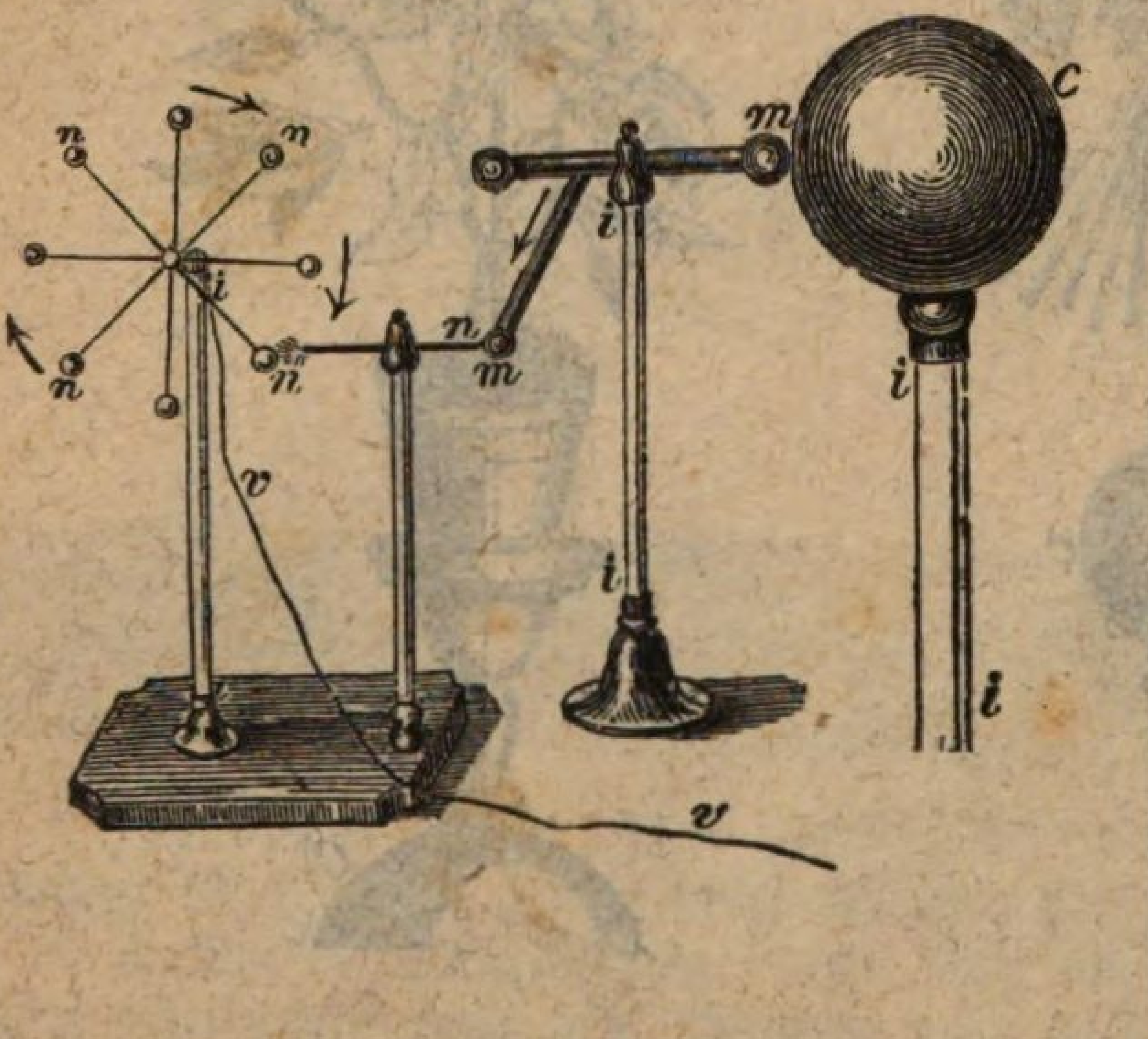


Fig. 327. (Einfaches el. Flugrädchen).

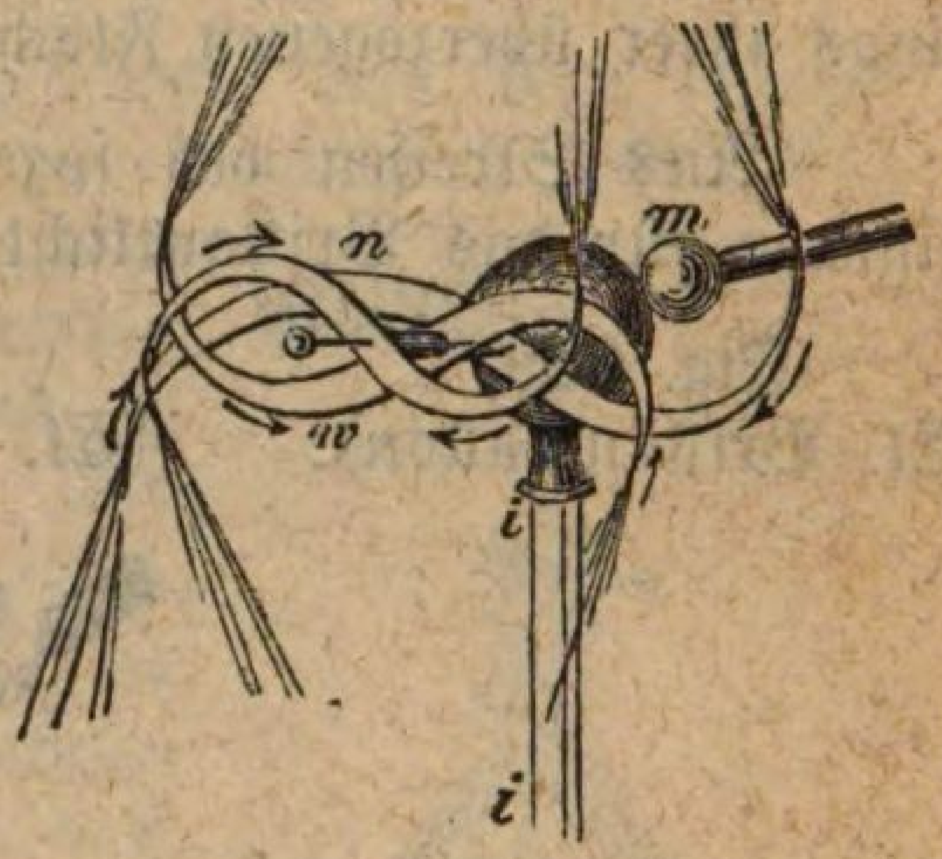


Hält man gegen eine solche Spitze eine Kerzenflamme, so wird sie fortgeblasen; auf der nahe gerückten Handfläche empfindet man einen kühlen Hauch — es ist der elektrische Wind.

Die an der Spitze liegenden Lufttheilchen werden nämlich durch die ausströmende Elektricität mit der Spitze gleichnamig elektrisch und folglich abgestoßen.

1. Hierauf beruht die Umdrehung des elektrischen Windrädchens (Fig. 326). Seine Speichen sind Strohhalme, die Schaufeln aus steifem Papier. Beim Versuch ist das Rädchen mit der Erde leitend verbunden; warum?

Fig. 328. (Dreifaches elektr. Flugrädchen.)



2. Beim Flugrädchen (Fig. 327) strömt aus den Spitzen die Elektricität. Dadurch werden die nächsten Lufttheilchen gleichnamig elektrisch und stoßen sich gegenseitig sowie auch die Spitzen des sehr leicht beweglichen Rädchens ab. In Folge dessen geräth das ∞förmige Rädchen in Umlauf gerade so, wie das Segner'sche Rad (S. 97). Das Flugrädchen kann zum Umdrehen leichter Figuren angewendet werden.

3. Worauf beruht der entgegengesetzte Lauf beim 2- und 3fachen Flugrädchen (Fig. 328)?

4. Der elektrische Wind wurde von Priestley 1766 entdeckt.

441. **Die elektrischen Lichtbüschel.** Wenn eine Stelle des Conductors eine übergroße elektrische Dichtigkeit erlangt, so entweicht die Elektricität von demselben, wegen der starken Spannung, auch ohne einen in der Nähe entgegengestellten Leiter, in Form eines Büschels. Es strömen nämlich von selbst viele auseinander laufende, bläulich leuchtende Strahlen geräuschvoll aus.

Diese elektrischen Büschel wurden von Milis 1745 entdeckt.

Das elektrische Büschel kann am einfachsten erzeugt werden, wenn man den mit positiver Elektricität geladenen Conductor mit einer nicht allzuscharfen Spitze versieht.

1. Erzwungene Büschel entdeckt von Gray 1730.

2. Hat ein Conductor eine scharfe Spitze, so ist es unmöglich, ihm einen größeren Funken zu entziehen. In gleicher Weise verhält es sich, wenn man dem elektrischen Conductor eine Metallspitze mit der Hand entgegenhält; wie kommt das?

442. **Eine einzige Spitze.** Die Spitzenwirkung wird vermindert, wenn man eine zweite, dritte, vierte Spitze o. m. a. daneben stellt; es saugt also eine einzige Spitze besser als ein Spitzenbündel. Winter versieht daher die Sauger seiner Elektrisirmaschinen nur mit einer Spitze.

443. **Die elektrische Illumination.** Unterbricht man die gut leitende Bahn der Elektricität sehr oft durch schlechte Leiter, z. B. durch trockene Luft, trockenes Glas 2c., so erhält man (§. 412) eine große Reihe elektrischer Funken, d. i. die elektrische Illumination oder das elektrische Brillantlicht.

1. Hieher gehören die glänzenden Lichterscheinungen an der Brillantkugel (Fig. 329), der Brillantröhre (Blitzröhre Fig. 330) und Brillanttafel (Blitztafel Fig. 331) mit Figuren, Buchstaben, Namenszügen u. dgl. m. — Nollet 1743.

2. Bei allen derartigen Glasgeräthen sind Metallflitter oder Stanniolblättchen mit sehr vielen Unterbrechungen aufgeklebt, und zuweilen die entsprechende Figur mit farbigen, durchscheinenden Seiden-Papierstreifen oder dgl. überzogen.

3. Derartige Brillantfiguren auf isolirendem Zeuge innerhalb eines Winkels gebracht, den zwei ebene Spiegel mit einander bilden (Fig. 332), geben herrliche Kaleidoskop-Erscheinungen (siehe Optik).

4. Falsches Gold- und Silberpapier mit ihren verschiedenfarbigen (rothen, grünen ꝛc.) Lacküberzügen zeigen eine vorzügliche elektrische Illumination, wenn man längs ihrer überzogenen Fläche einen elektrischen Funken leitet; wie mag das kommen?

Aus Streifen des sogenannten Gold- und Silberpapiers kann man demnach Figuren für das Brillantlicht zusammenstellen.

Fig. 329. (El. Brillantballon).



Fig. 330. (El. Brillantsäule).

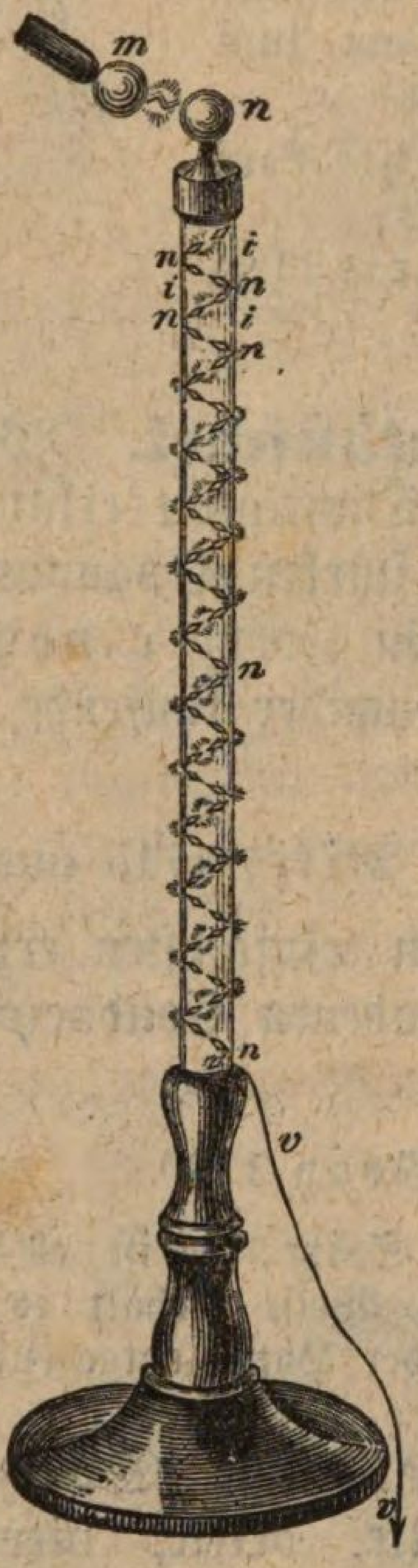


Fig. 331. (El. Brillanttafel).

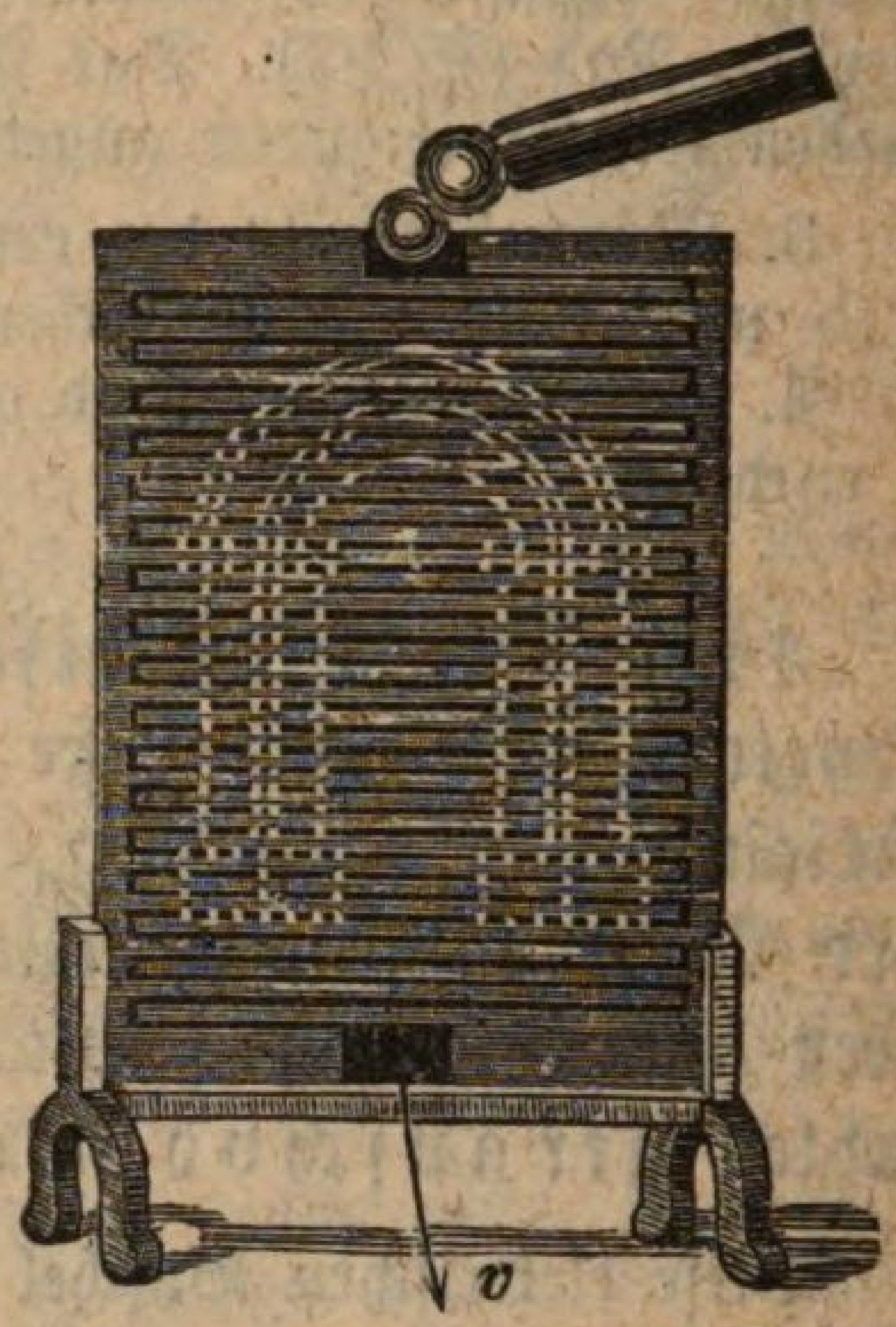
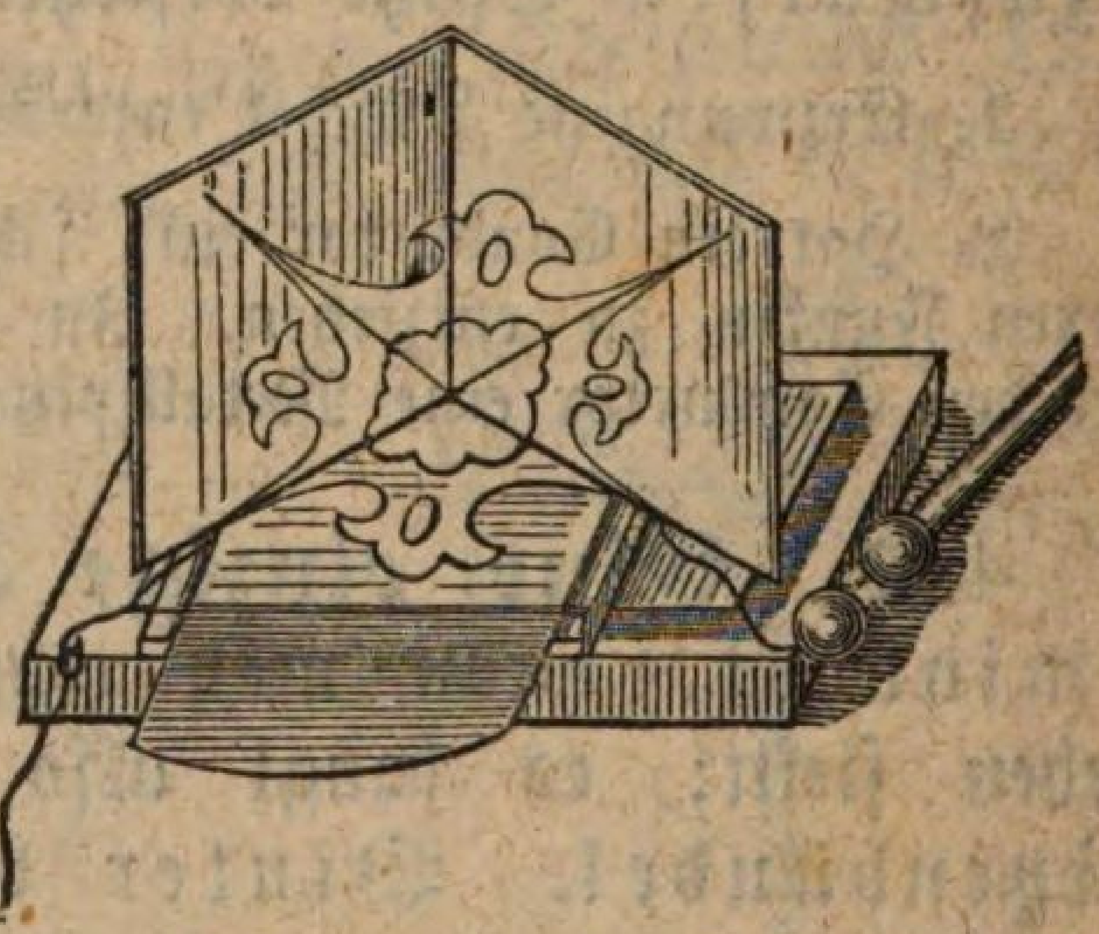


Fig. 332. (El. Kaleidoskop.)



5. Die Anfertigung von Buchstaben und Worten für das elektrische Brillantlicht hat Schwierigkeiten, weil bei vielen Buchstaben, z. B. bei O, die Zu- und Ableitung in einander fließen oder nahe kommen, ferner wegen der gekreuzten Stellen, z. B. beim B. Man muß sich daher durch zweckmäßige Abänderung der Buchstabenform und andere Kunstgriffe zu helfen suchen.

6. Je bedeutender die Schlagweite einer elektr. Maschine ist, desto größer können auch die Brillant-Apparate sein. Verläßlicher bleiben immer

kleinere Brillant-Apparate. Die Summe der Unterbrechungen muß kleiner sein als die jeweilige Schlagweite der Elektrisirmaschine.

7. Verbindet man die Ableitung v der Brillant-Apparate mit der negativen Ableitung der elektr. Maschine, so treten die Illuminations-Erscheinungen lebhafter auf.

8. Um einen kräftigen Funken zu bekommen, stellt man den Funkenzieher nicht dem Knopf gegenüber, sondern seitwärts vom Conductor (§. 436, 1).

444. Das elektrische Licht in sehr verdünnten Gasarten. Das elektrische Licht hat in verschiedenartigen Gasen eine andere Farbe. Wird die Dichte des Gases geändert, so wird auch die Farbe des Funkens eine andere.

Fig. 333. (Sogenanntes elektr. Ei.)



1. Im luftverdünnten Raume eines Glasgefäßes (Fig. 333) bilden sich zwischen den beiden Messingkugeln oder Spitzen schöne röthliche Lichtbogen. Bei sehr starker Verdünnung ist das ganze Gefäß mit glänzend violettem Lichte erfüllt (elekt. Glimmen). Der eine mit dem Ringe versehene Stab ist luftdicht verschiebbar, wodurch man die beiden Kugeln oder Spitzen im Innern des Gefäßes einander beliebig nähern kann.

2. Aehnliche Erscheinungen, wie das elekt. Ei, zeigen die Geißler'schen Röhren (Fig. 334), das sind gerade, dünngeblasene, farblose Glasröhren, oder auch solche mit kugel- und birnförmigen Ausbauchungen, in welchen die Luft, ein Gas oder Dampf (vom Wasser, Weingeist, Aether, Schwefelkohlenstoff, Terpentingeist &c.) in äußerst verdünntem Zustande enthalten ist und durch welche mittels eingeschmolzener, dünner Platindrähte ein kräftiger elektrischer Funke gesendet werden kann.

3. Die Farbe des elektrischen Lichtes ist in der atmosphärischen Luft, im Sauerstoff und Chlorwasserstoff weiß, im Leuchtgas weißlich, im Wasserstoff und Stickstoff roth, in der Kohlensäure weiß, auch grün und im Chlor grün.

4. Ausgepumpte mit Hohlkugeln versehene Glasröhren, welche durch Bewegung von eingeschlossenem Quecksilber gerieben und daher elektrisch leuchtend werden. Derartige gerade und krumme Röhren; letztere werden zum Rotiren gebracht. — Aehnliche Röhren von außen durch Reibung elektrisch leuchtend zu machen.

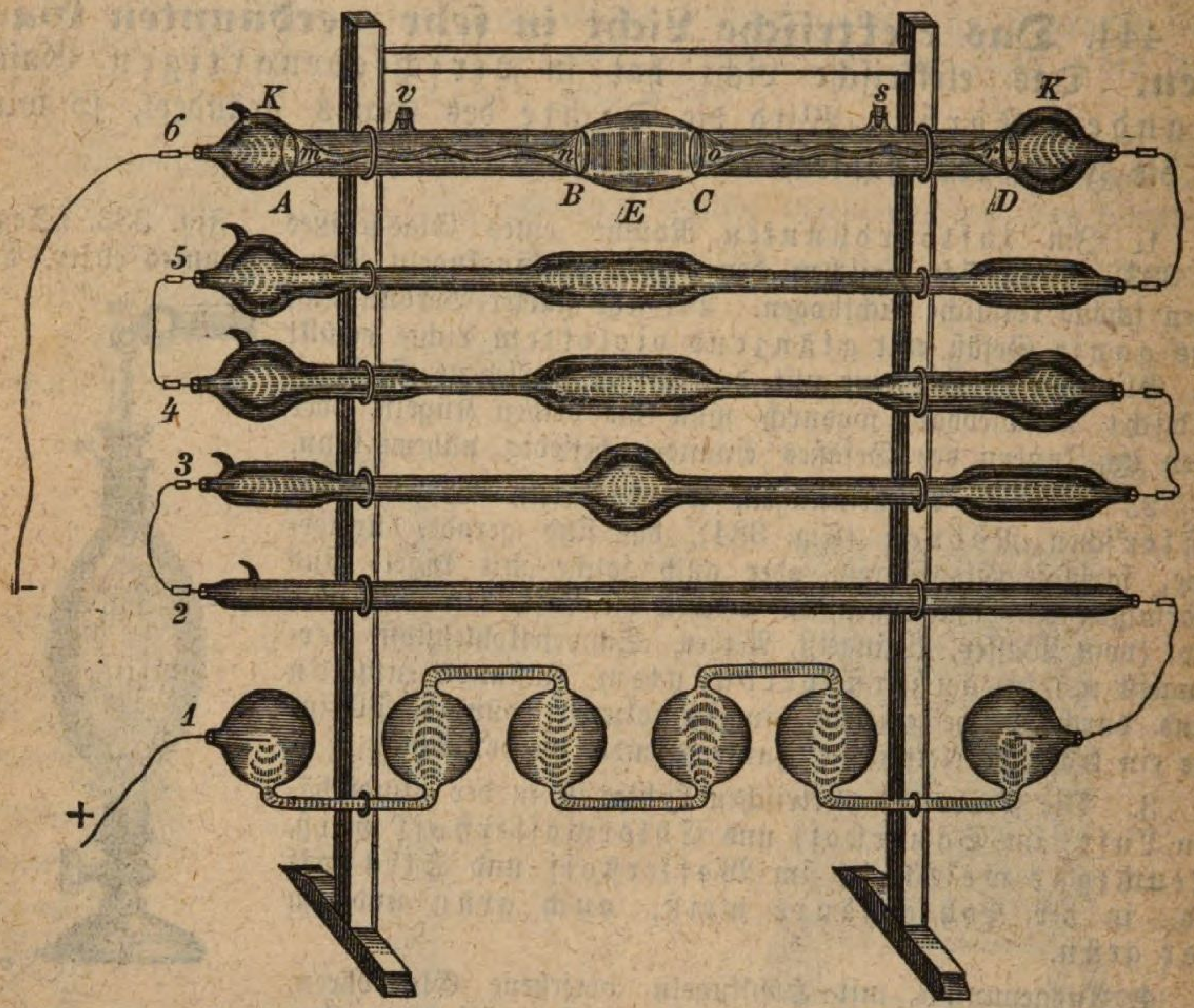
5. Jede der Geißler'schen Röhren (Fig. 334) enthält ein anderes Gas. Ein kräftiger elektrischer Funke beleuchtet sie alle auf einmal. Will man sie gesondert erhellen, so muß man die aus der Zeichnung ersichtliche Drahtverbindung auflösen.

6. Man tauche eine solche Geißler'sche Röhre in ein gewöhnliches Trinkglas, welches eine Chinin- oder eine Aeskulin-Lösung enthält und verbinde den einen Drahtpol der Röhre mit dem von dem positiven Conductor abstehenden Funkenzieher gut leitend, während die metallene Schnur vom negativen Conductor (vom Reibzeug) an das andere Drahtende der Röhre gelegt wird, und zwar am einfachsten mittelbar, d. h. man senkt die metallene Schnur ganz einfach in die Lösung, in welcher der zweite Pol der Röhre liegt. Sobald der elektrische Funke durch die Geißler'sche Röhre zieht, erhellt sich die sie umgebende, sonst wasserklare Flüssigkeit mit schön blauem Lichte und bietet einen herrlichen Anblick. Man sagt von Stoffen, die, wie obige Lösungen, im el. Lichte eine andere Farbe zeigen, sie fluoresciren. Die Fluorescenz des Lichtes zeigt sich auch noch bei anderen Lichtquellen, als der elektrischen. Siehe Optik, Seite 228.

7. In Fig. 334 bei Nr. 6 sind um eine Geißlerische Röhre KmnorK zwei andere Röhrenstücke aus dünnem farblosen Glase AB und CD gelegt und mit ihren Enden an die Hauptröhre KK geschmolzen. In diese gläsernen Hüllen AB und CD

werden bei v und s verschiedene fluorescirende Flüssigkeiten (etwa eine Chinin- und eine verdünnte ätherische, grün fluorescirende Stechapfelsamen-Lösung) gegossen, und sodann die Füllöffnungen mit Korkstöpseln gesperrt. Wenn man einen kräftigen, elektrischen Funken durch die Röhre KK treibt, so gesellt sich zu den prächtigen Licht-

Fig. 334. (Geißler'sche Röhren).



erscheinungen in der Röhre bei K, E, K noch jener der Fluorescenz in den umgebenden Flüssigkeiten, wodurch eine das Auge ergötzende Farbenmannigfaltigkeit hervorgerufen wird. Eine der Glashüllen um die el. Röhre kann auch aus dünnem, tief grün fluorescirenden Uranglas sein.

8. Die Chininlösung wird bereitet, wenn man schwefelsaures Chinin — unter Zusatz von einigen Tropfen Schwefelsäure — ins Wasser wirft.

9. Die Aeskulinlösung verschafft man sich am einfachsten, wenn man einige vorher wohl gereinigte und zerkleinerte Rinden des Roßkastanienbaumes ins Wasser wirft. — Die Fluorescenz entdeckt von Stokes 1852.

10. Rotirende Geißler'sche Fluorescenzröhren. — Durch Einschaltung eines nassen Fadens in die Leitung bewirkt man eine dunkle Streifung (Stratification) des elektrischen Lichtes.

11. Durch einen nahezu luftleeren Raum geht selbst der stärkste elektrische Funke nicht mehr, auch wenn die Pole einander sehr nahe stehen.

445. **Wärmewirkungen.** Fig. 335 zeigt, wie man mit dem elektrischen Funken Schwefeläther (Ludolf 1744), Schwefelkohlenstoff, gewärmten Weingeist (Winkler 1745) und andere leicht anzündliche Stoffe entflammen kann.

Fig. 335. (El. Entzündungsapparat).

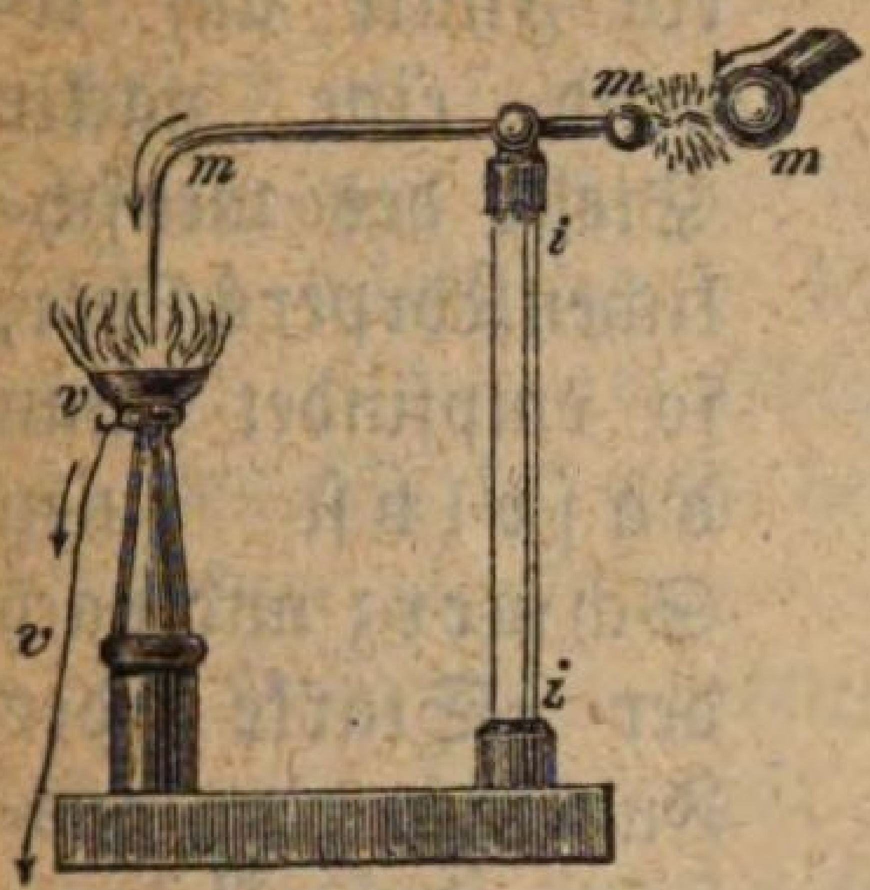


Fig. 336. (Elekt. Pistole).

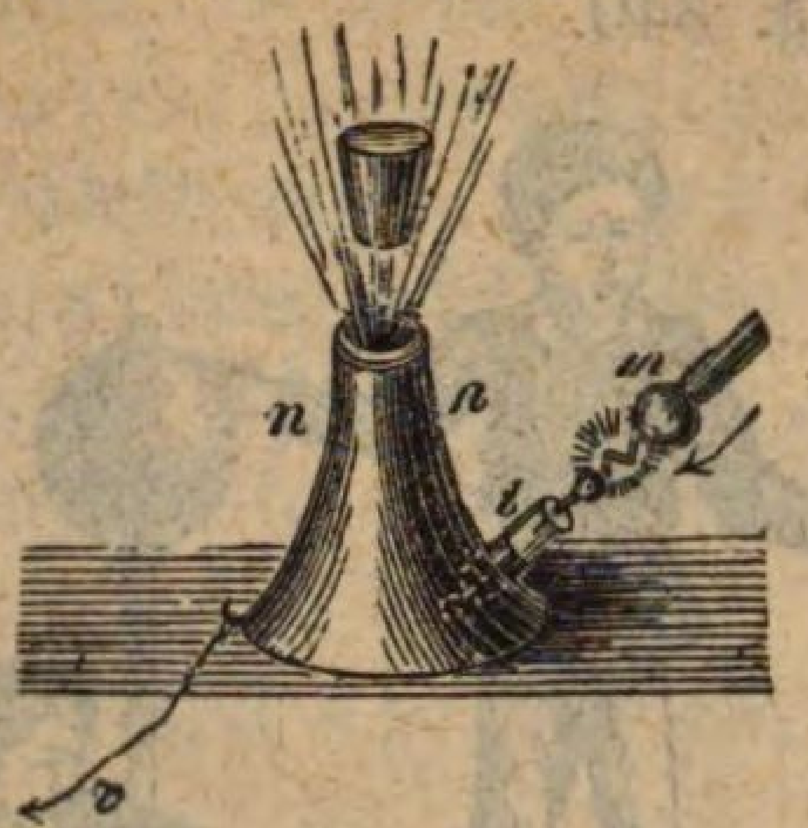


Fig. 337. (Wasserstoff-Apparat).



1. Elektrisches Anzünden mit einem Eiszapfen.

2. Bei der elektrischen Pistole (Fig. 336) und der elektr. Kanone leitet man durch eingeschlossenes Knallgas einen elektrischen Funken, der das Gas sogleich glühend macht, mithin stark ausdehnt. Die Spannkraft des Gases wird dabei so groß, daß der Stöpsel mit lautem Knalle hinausgetrieben wird. Bei metallenen, el. Pistolen geht die Zuleitung durch ein Glasröhrchen; warum? — El. Pistole aus Glas. — Erfinder der el. Pistole Volta 1776.

3. Fig. 337 zeigt, wie man in die Pistole Wasserstoff steigen läßt; wie so ist dann Knallgas vorhanden? — Für rasche Gas-Entwicklung frische Schwefelsäure.

4. Der Knall erfolgt auch, wenn der Stöpsel nicht eingesetzt ist; wie so? (Siehe Akustik). — Durch einfaches Hinhalten des Knöpfchens i an den el. Conductor wird die el. Pistole auch abgefeuert; wie so?

446. **Mechanische Wirkungen.** Hieher gehört (Fig. 338) das Durchbohren einer Glasscheibe, welche zwischen zwei scharfe, in einer Geraden liegende Spitzen gebracht wird. Die Durchgangsöffnung der Elektricität ist strahlig, fast sternförmig.

Fig. 338. (Durchbohrung des Glases.)

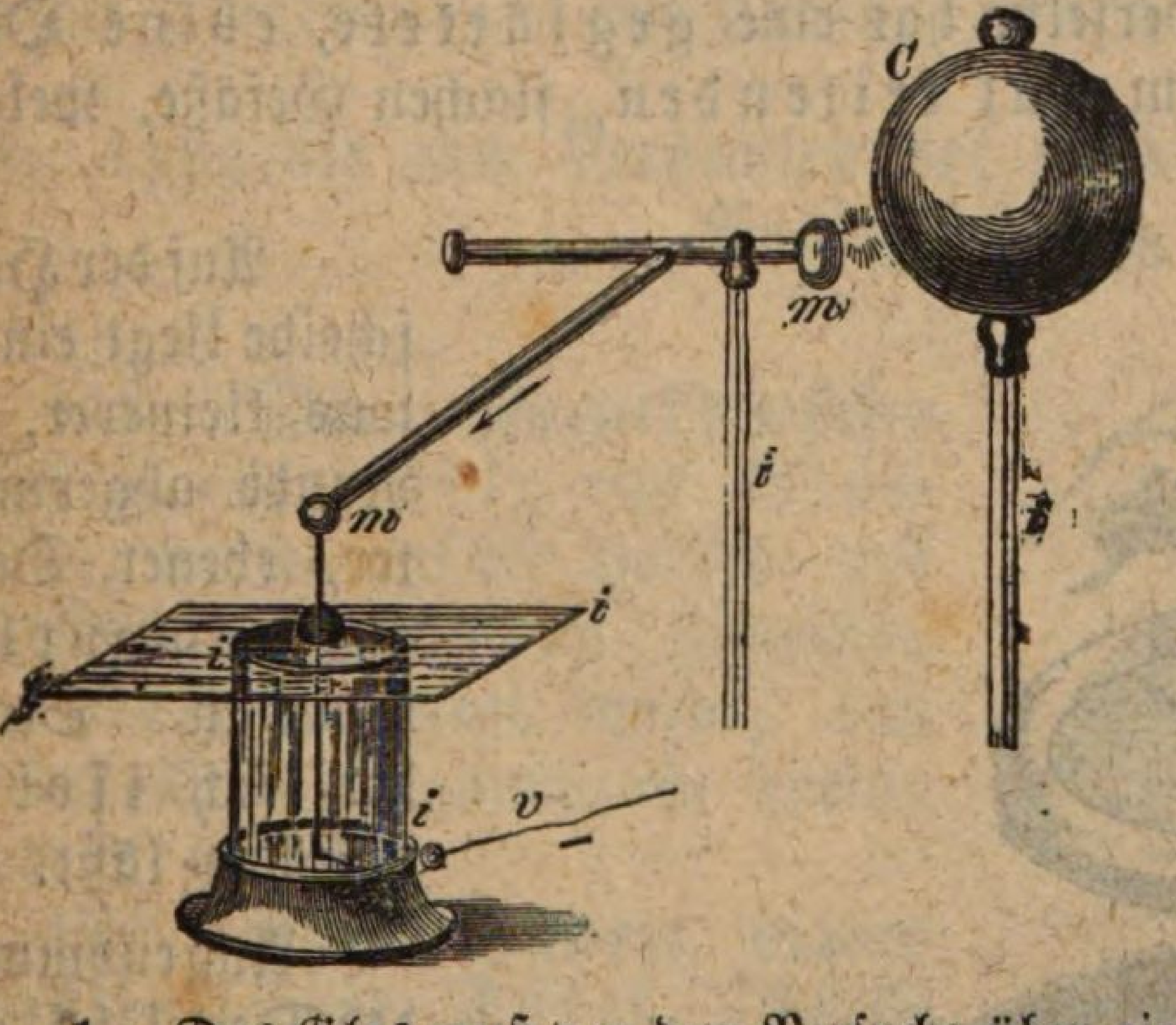
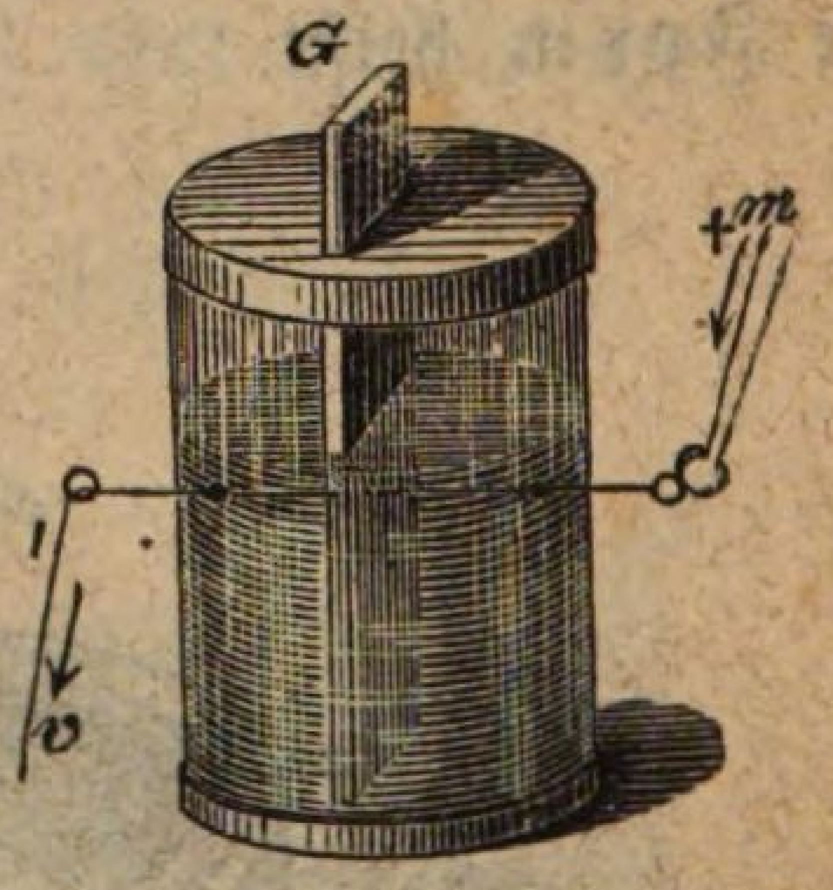


Fig. 339. (Durchschlagung des Glases im Oelbad).



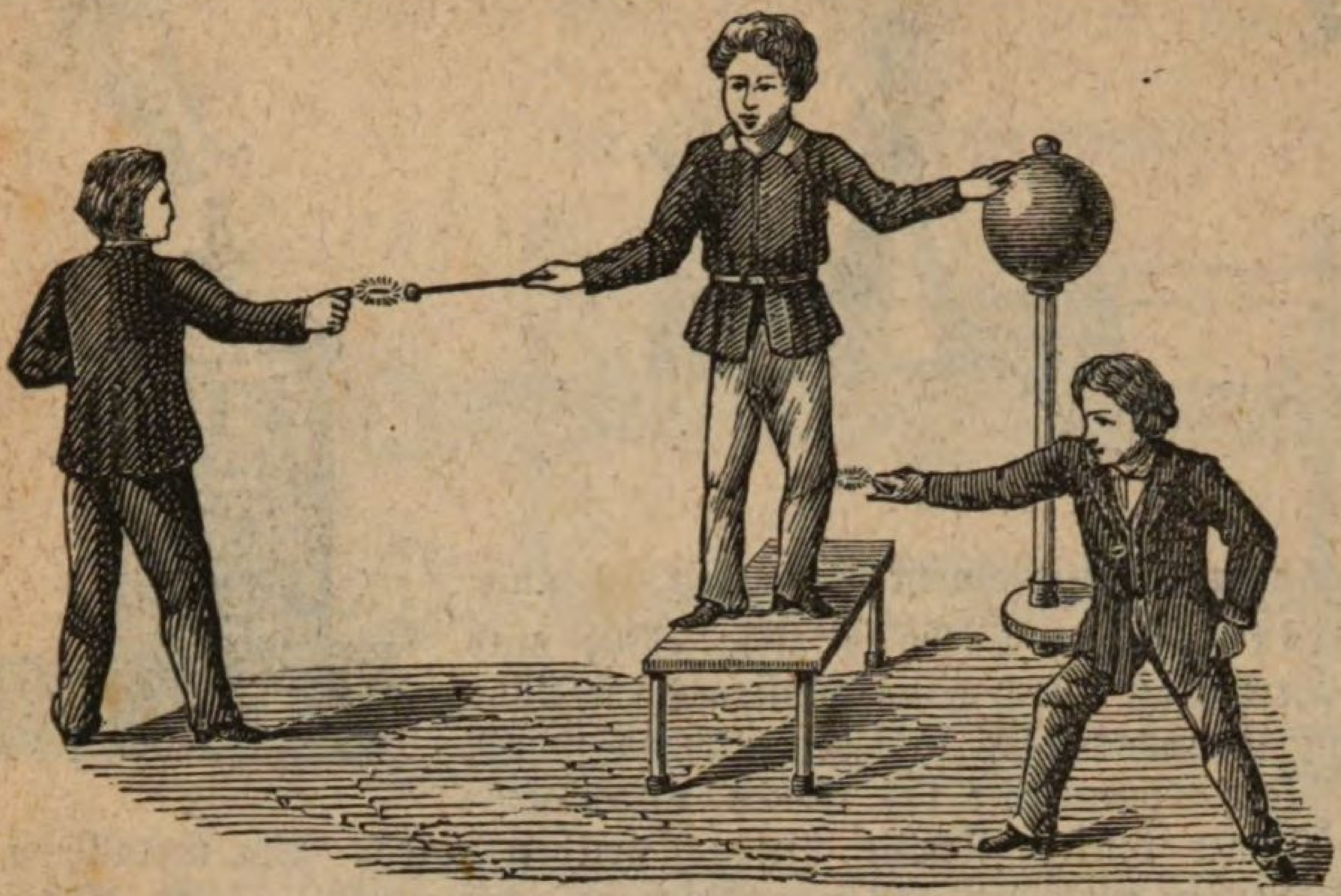
1. Das Glas muß vor dem Versuche über einer Weingeistlampe sehr wohl gewärmt und mit einem alten Seidenlappen recht trocken gewischt werden; ebenso muß das Glasstück nicht zu klein gewählt werden, warum? — Der el. Funke würde sonst um den Rand gehen.

2. Leichte Durchbohrung einer Glasscheibe (Fig. 339) welche in einem Oelbade steht. — 1866.

3. Das Oelbad läßt sich auch durch eine Benetzung der durchzuschlagenden Stelle und ihrer Umgebung mit Erfolg ersetzen; wie so? Dicke Gläser lassen sich nur mit großen Elektrisirmaschinen durchschlagen.

447. **Physiologische Wirkungen.** Springt vom Conductor ein Funke auf irgend eine nackte Stelle des menschlichen Körpers über, so empfindet man daselbst einen Schmerz und, nach der Stärke des Funkens, eine größere oder kleinere allgemeine Erschütterung.

Fig. 340.

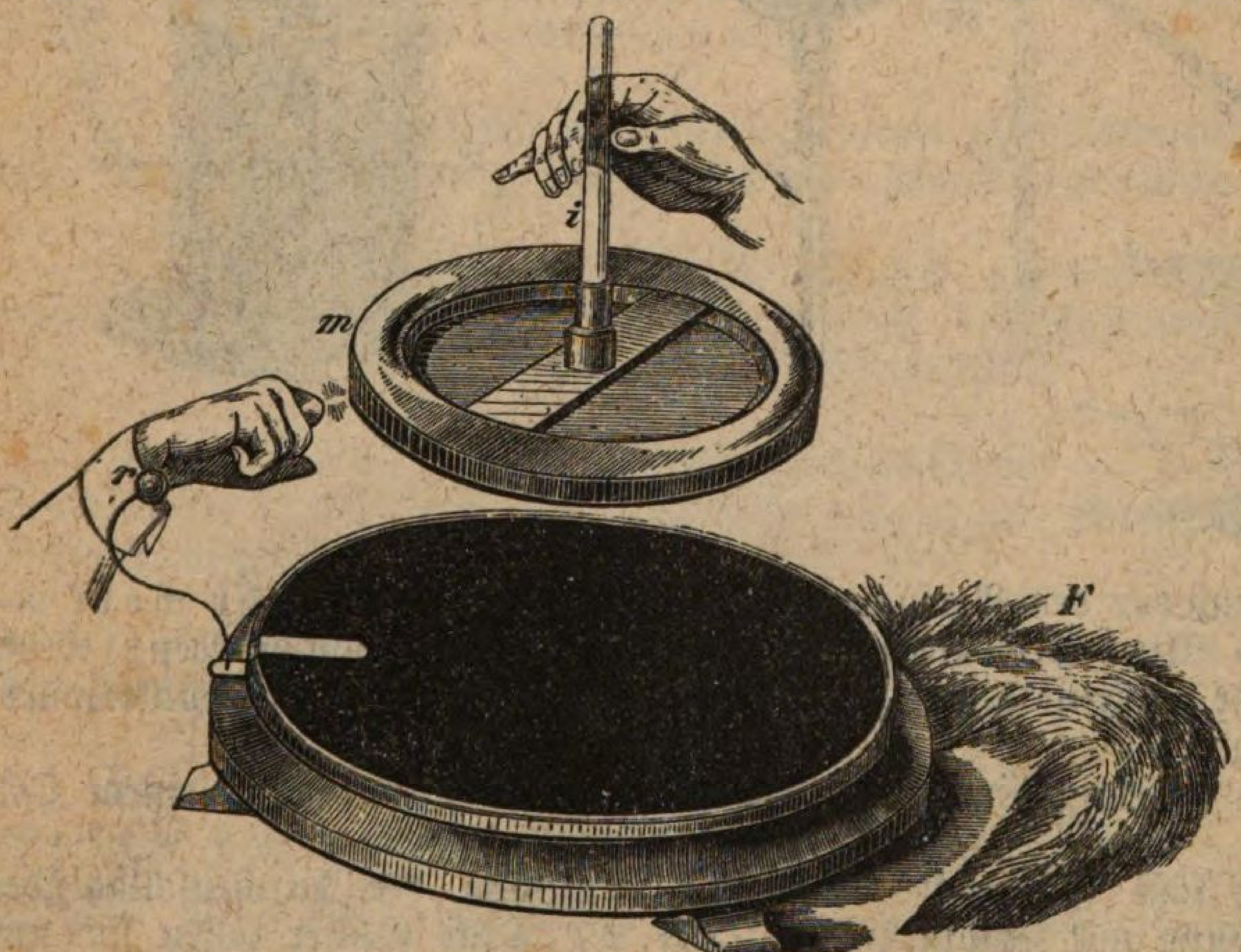


1. Eine auf dem Isolirschemel stehende Person (Fig. 340) kann mittels eines langen, cylindrischen, an den Enden abgerundeten Metallstabes an andere entfernte Personen Funken austheilen; wie so? Umgekehrt kann man (Du Fay 1733) der isolirten Person an verschiedenen Theilen des Körpers Funken entlocken; wie so? — Elektr. Bürsten. — El. Bänke und el. Sitze; el. Fußböden u. dgl. m.

2. Die Schallerscheinungen treten beim Hervorbrechen eines kräftigen el. Funkens stärker hervor. Es zeigt sich ferner ein eigenthümlicher Geruch (Ozongeruch). Ozonirung der atmosphärischen Luft, wenn sie elektrisirt wird. — Man erhält einen säuerlichen oder alkalischen Geschmack, je nachdem man die positive oder negative Elektricität auf die Zunge strömen läßt.

448. **Der Elektrophor.** Fig. 341 zeigt eine Harzscheibe oder einen Harzkuchen. Derselbe hat eine geglättete, ebene Oberfläche und befindet sich in einem gut leitenden, flachen Gefäße, welches die Form heißt.

Fig. 341.



Auf der Harzscheibe liegt ein etwas kleinerer, am Rande abgerundeter, ebener Deckel aus einem gut leitenden Stoffe, der sich isolirt abheben läßt.

Angenommen, der Deckel sei entfernt, und man reibe oder schlage mit einem langhaarigen Felle, einem Fuchsschweif etc. den Kuchen an seiner Oberfläche; so zeigt letztere freie, negative Elektricität.

Faßt man nun den Deckel an seiner isolirenden Handhabe und läßt ihn auf den Kuchen nieder, so wirkt die negative Elektricität des Kuchens zerlegend auf die positiv-negative Elektricität (± E) im Deckel, zieht die positive Elektricität an und stößt die negative ab. Erstere wird durch die negative Elektricität des Kuchens gebunden und ist nicht ableitbar, letztere ist frei oder ableitbar. Berührt man jetzt den Deckel mit dem Finger, so wird die freie Elektricität in den Erdboden abgeleitet.

Hebt man hierauf den Deckel isolirt ab, so wird die gebundene positive Elektricität frei.

Nähert man dem isolirt gehobenen Deckel einen Leiter, z. B. den Fingerknöchel, so erhält man einen elektrischen Funken.

Die Harzscheibe hat die Eigenschaft, die Elektricität geraume Zeit hindurch zu bewahren. Der ganze Apparat heißt hiervon Elektricitätsträger oder Elektrophor.

Der Elektrophor kann zu einigen Versuchen, wie eine Elektrisirmaschine, dienen.

1. Laden der Leydnerflaschen. — Elektrischer Papierregen vom aufgehobenen Deckel. — Erfinder des Elektrophors Volta 1775.

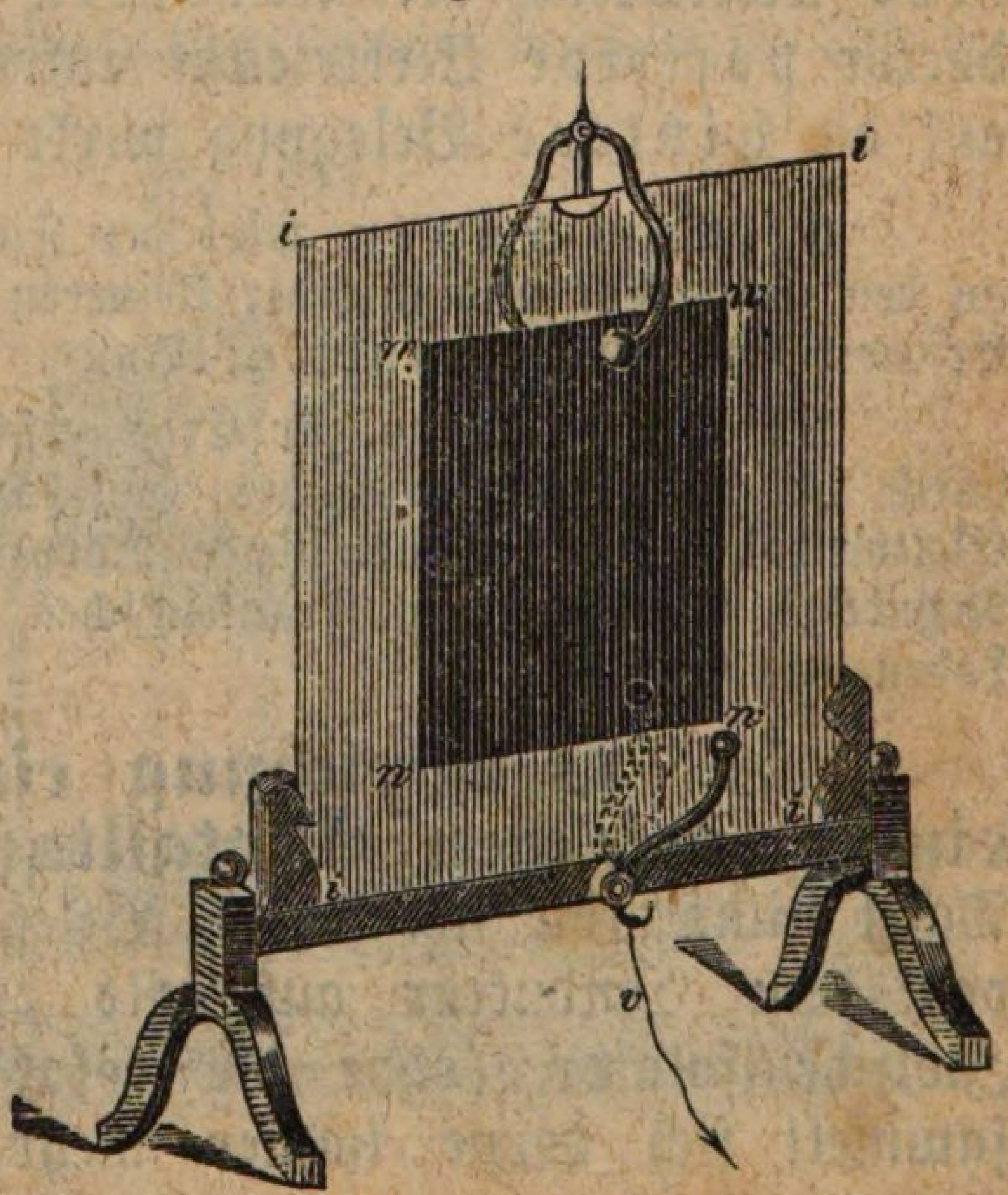
2. Ueber die Einrichtung des Winter'schen Elektrophors. — Kuchen aus schwarzem Siegellack. — Am besten sind dichte, spröde Harze (Schellack, Kolophonium). Diesen setzt man, um dem Springen des Kuchens vorzubeugen, Wachs und Terpentin zu.

3. Das alte elektrische Wasserstoff-Feuerzeug mit Elektrophor oder kleiner Elektrisirmaschine ist ähnlich der Döberreiner'schen Zündmaschine (§. 149) eingerichtet, nur daß hier der ausströmende Wasserstoff durch den elektrischen Funken angezündet wird.

4. In jüngster Zeit (1865) haben Holtz und Töpler sehr kräftige Elektrisirmaschinen gebaut, welche sich zum Theil als rotirende Elektrophore betrachten lassen; sie wirken ähnlich dem später zur Sprache kommenden Funken-Induktor und heißen Elektrophor- oder Influenzmaschinen.

4. Apparate zum Verdichten der Elektricität oder elektrische Condensatoren.

Fig. 342.

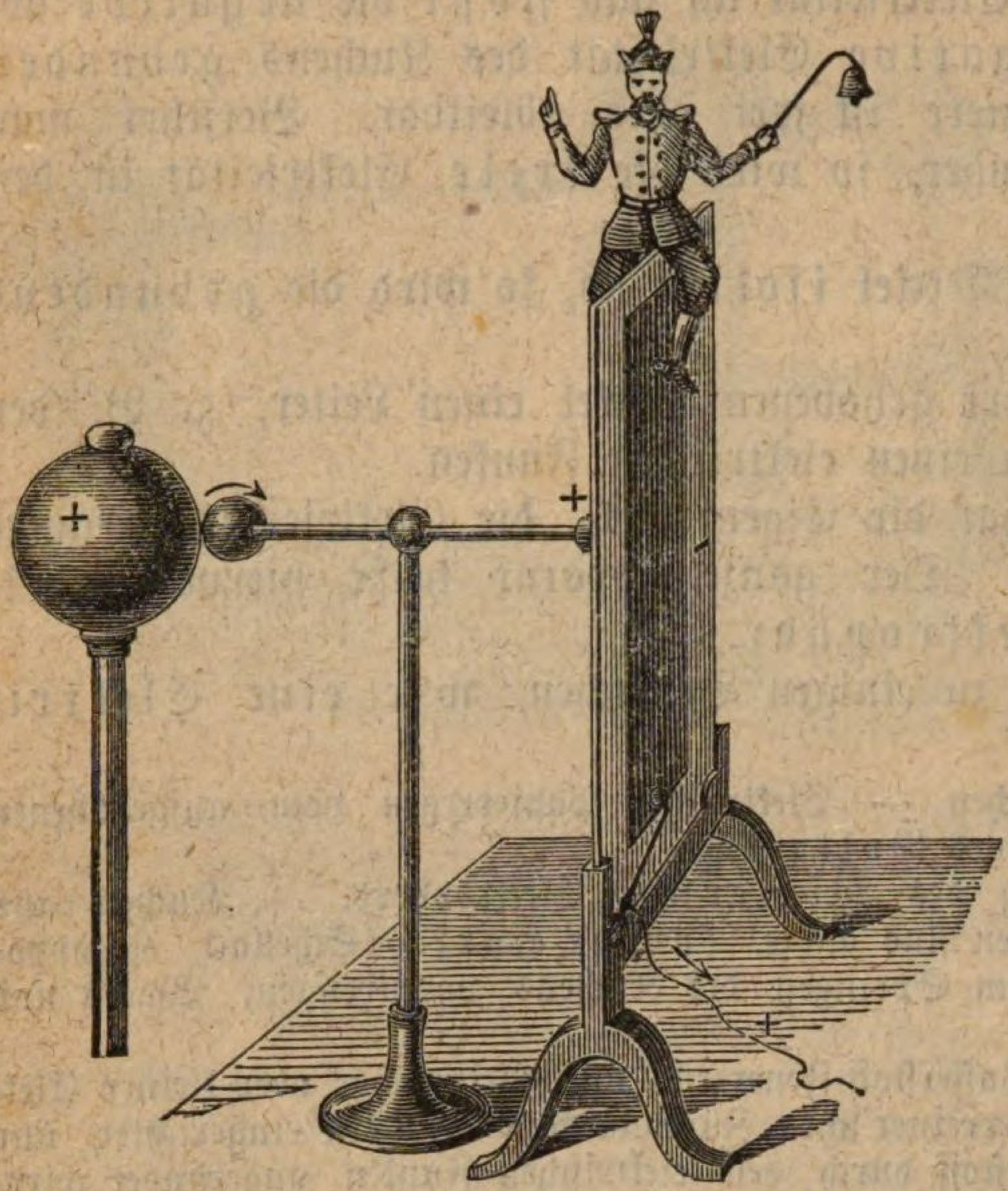


449. **Die Franklinsche Tafel** ist (Fig. 342) eine Glasscheibe, welche auf der Vorder- und Hinterfläche mit Zinnblatt (Zinnfolie, Stanniol) so belegt wurde, daß auf jeder Seite ringsum ein breiter Rand frei bleibt.

450. **Das Laden einer Franklin'schen Tafel.** Theilt man (Fig. 343) der vorderen Stanniolbelegung positive Elektricität mit, so wirkt diese durch das Glas vertheilend (zerlegend) auf die (± E) positiv-negative Elektricität der hinteren Belegung. Die negative Elektricität wird

angezogen, die *positive* abgestoßen. Ist die hintere Belegung nicht mit der Erde *leitend* verbunden, so kann man ihr die *positive* Elektricität in Funken entziehen. Ist aber die hintere Zinnfläche mit der Erde *leitend* verbunden, (Berührung mit dem Finger o. dgl.), so fließt die freie, *positive* Elektricität in die Erde ab, und die negative verbreitet sich auf der *hinteren* Zinnbelegung, wo sie durch die *positive* Elektricität des *vorderen* Zinnblattes gebunden wird. — Vergl. §. 430.

Fig. 343.



Auch die *positive* Elektricität der *vorderen* Belegung wird durch die *negative* Elektricität der *hinteren* Belegung so angezogen und gebunden, daß *nur ein sehr kleiner Theil frei bleibt.* Dieser Rest der freien, *positiven* Elektricität hat eine geringere Dichte als die *positive* Elektricität am Conductor. Dadurch wird es möglich, daß von dem letzteren auf's neue *positive* Elektricität auf die *vordere* Belegung übergeht, welche durch Vertheilung, wie vorhin, die *negative* Elektricität der *hinteren* Belegung *vermehrt.*

Diese *negative* Elektricität wirkt wieder bindend auf die *positive* Elektricität der *vorderen* Belegung, welche abermals vom Conductor *positive* Elektricität aufnehmen kann, die auf's neue vertheilend auf die *hintere* Belegung wirkt u. s. w. u. s. w.

1. Beim *Laden* wird der Funkenzieher (Fig. 343) mit der großen Kugel an den Conduktor und mit der kleineren an die vordere Belegung der Tafel gelegt. — Erfinder der Tafel *Franklin* 1756.

2. Die Ableitung zur Erde geschieht durch Berührung mit dem Finger oder durch ein zur Erde reichendes Goldbörtchen. — Sichtbarmachung der abgeleiteten Elektricität, wenn der ableitende Körper etwas entfernt ist von der Belegung. — Netzartige Belegung an Franklin'schen Tafeln und daher *Funkenspiel* beim Laden und Entladen.

451. **Vergleichung einer Franklin'schen Tafel mit einer einfachen Metalltafel.** Beim Laden der Franklin'schen Tafel nimmt die *vordere* Belegung viel mehr *positive* Elektricität von dem Conductur auf, als es bei *einfachen* Metallebenen ohne Zwischenisolator (ohne die Glasscheibe) der Fall gewesen wäre. Es sammelt sich vorne immer mehr *positive* Elektricität und auf der

hinteren Belegung immer mehr negative Elektricität, wodurch die Dichte dieser entgegengesetzten Elektricitäten größer wird.

1. Die Glasplatte muß vor dem Belegen wohl getrocknet und dann durch Berührung mit dem el. Conductor versucht werden, ob sie die Elektricität nicht leitet. Nur wenn sie die Elektricität nicht leitet, ist sie tauglich. Die Belegung darf keine Falten bilden.

2. Der von der Belegung freie Rand der Glastafel hat das Ueberspringen der entgegengesetzten, verdichteten Elektricitäten zu verhindern. Weil das Glas leicht Feuchtigkeit anzieht und dadurch leitend wird, so überstreicht man den Rand mit Rubinschellack, der im allerstärksten Alkohol aufgelöst ist oder mit schnell trocknendem Firniß (Kopallack).

3. Man kann auch den Rand des Glases ohne Firniß lassen und ihn jedesmal vor dem Versuche trocken reiben, ja selbst gefirnißte Ränder fordern zuweilen ein solches Warmreiben; wann? — Wenn sie aus der Kälte in die Wärme gebracht werden etc.

452. **Durchbohrung einer Franklin'schen Tafel.** Da die entgegengesetzten Elektricitäten an einer Franklin'schen Tafel sich zu vereinigen suchen, so dringen sie beiderseits bis auf eine gewisse Tiefe in die Glastafel ein. Ist diese zu dünn, so wird sie von den positiven und negativen Elektricitäten durchbrochen, und letztere verbinden sich wirklich.

Eine durchbohrte Verstärkungstafel läßt sich nicht mehr zum Verdichten der Elektricität brauchen; wie so nicht?

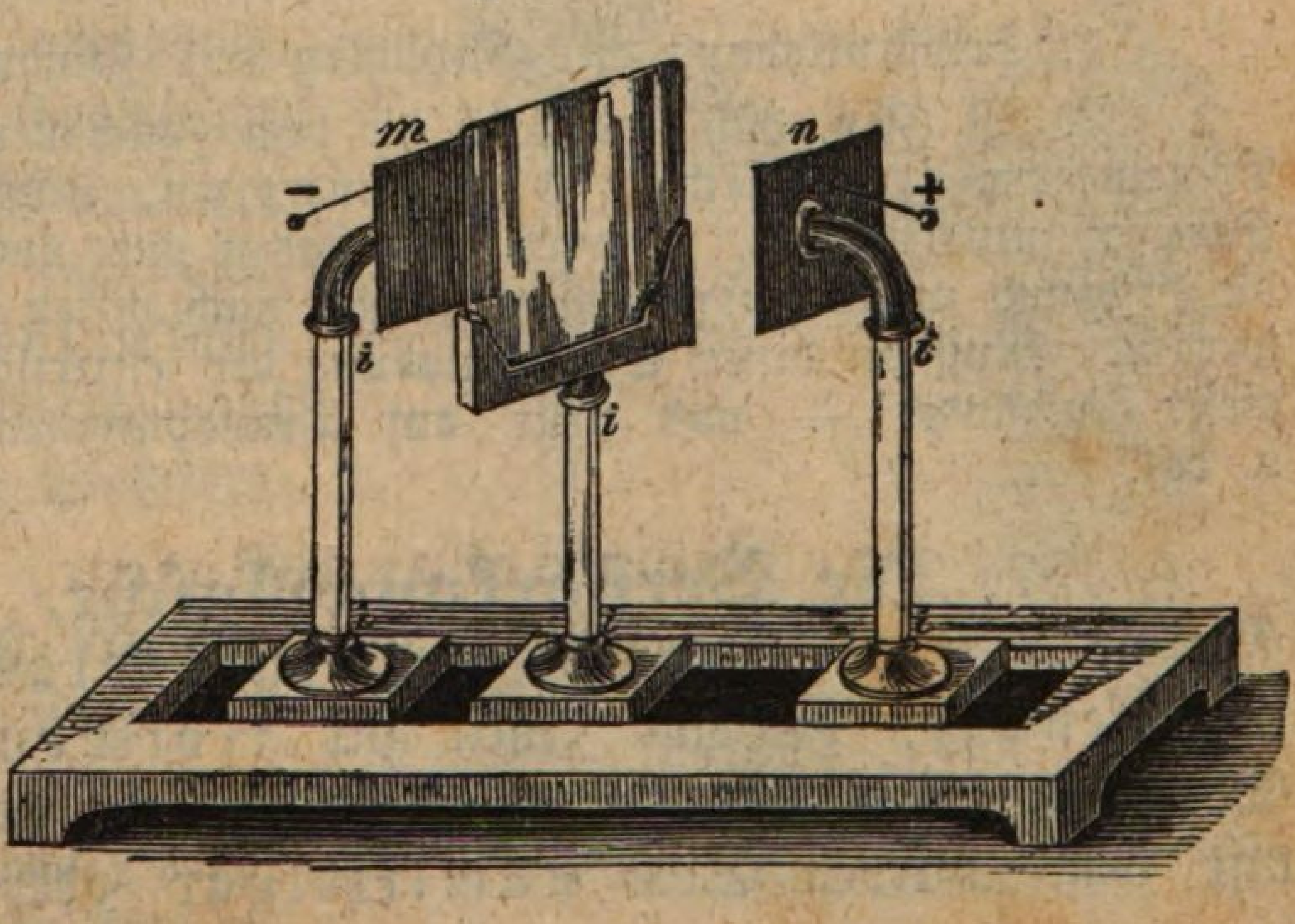
453. **Grenze der Ladung bei einer Franklin'schen Tafel.** Eine starke Franklin'sche Tafel kann so lange geladen werden, bis die Dichte des freien Theiles der positiven Elektricität auf der vorderen Belegung jener im Conductor gleich geworden ist. Von da an ist eine weitere Ladung der Tafel unmöglich.

454. **Die Entladung einer Franklin'schen Tafel.** Verbindet man beide Belegungen einer Franklin'schen Tafel durch einen Leiter, z. B. durch einen gabelförmigen, metallenen Auslader (Fig. 347), so wird die Tafel entladen, d. h. die angehäuften, entgegengesetzten Elektricitäten vereinigen sich durch den Leiter miteinander. Es geht mithin durch diesen ein elektrischer Strom.

1. Das Residuum. — Die langsame Entladung; hierauf beruhen die elektrischen Schaukelfiguren (Fig. 343).

2. Der zweiarmige Auslader (Fig. 347) für die Verstärkungsapparate (Tafel, Flasche und Batterie) läßt sich mittels eines Gelenkes, je nach Bedarf, weiter und enger stellen. Der übliche Glasstiel ist überflüssig, da sich die entgegengesetzten Elektricitäten auf dem kürzesten und bestleitendem Wege, d. i. durch den Draht des Ausladers, ausgleichen.

Fig. 344.



455. **Die Zerlegtafel.** Bei der Zerlegtafel (Fig. 344) sind

die Belegungen von Blech, welche sich leicht vom Glase mittels Glasstiele ii entfernen lassen. Geschieht dieß, nachdem die Tafel geladen wurde, so zeigen sich die Belegungen nur in sehr geringem Grade elektrisch.

Macht man die Blechtafeln unelektrisch und setzt die Franklin'sche Tafel wieder zusammen, so erhält man beim Ausladen dennoch einen kräftigen Funken. Daraus folgt: Die entgegengesetzten Elektricitäten hatten sich an den entgegengesetzten Seiten des Glases angehäuft. Die Belegungen dienen also nur, die Elektricitäten allen Punkten des Glases zu- oder davon abzuleiten (§. 407).

456. **Die Selbstentladung.** Ist der Rand einer Franklin'schen Tafel zu schmal, so werden sich die entgegengesetzten Elektricitäten um den Rand von selbst ausgleichen. Dabei erscheint jedesmal ein kräftiger Funke mit Knall.

Eine solche Selbstentladung wird auch eintreten, wenn die Belegungen einander um den Rand, bis auf einen kleinen Abstand, entweder durch Stanniolstreifen (Fig. 345) oder vermittels Drahtes (Fig. 346) mit abstehender Kugel genähert werden.

Fig. 345.

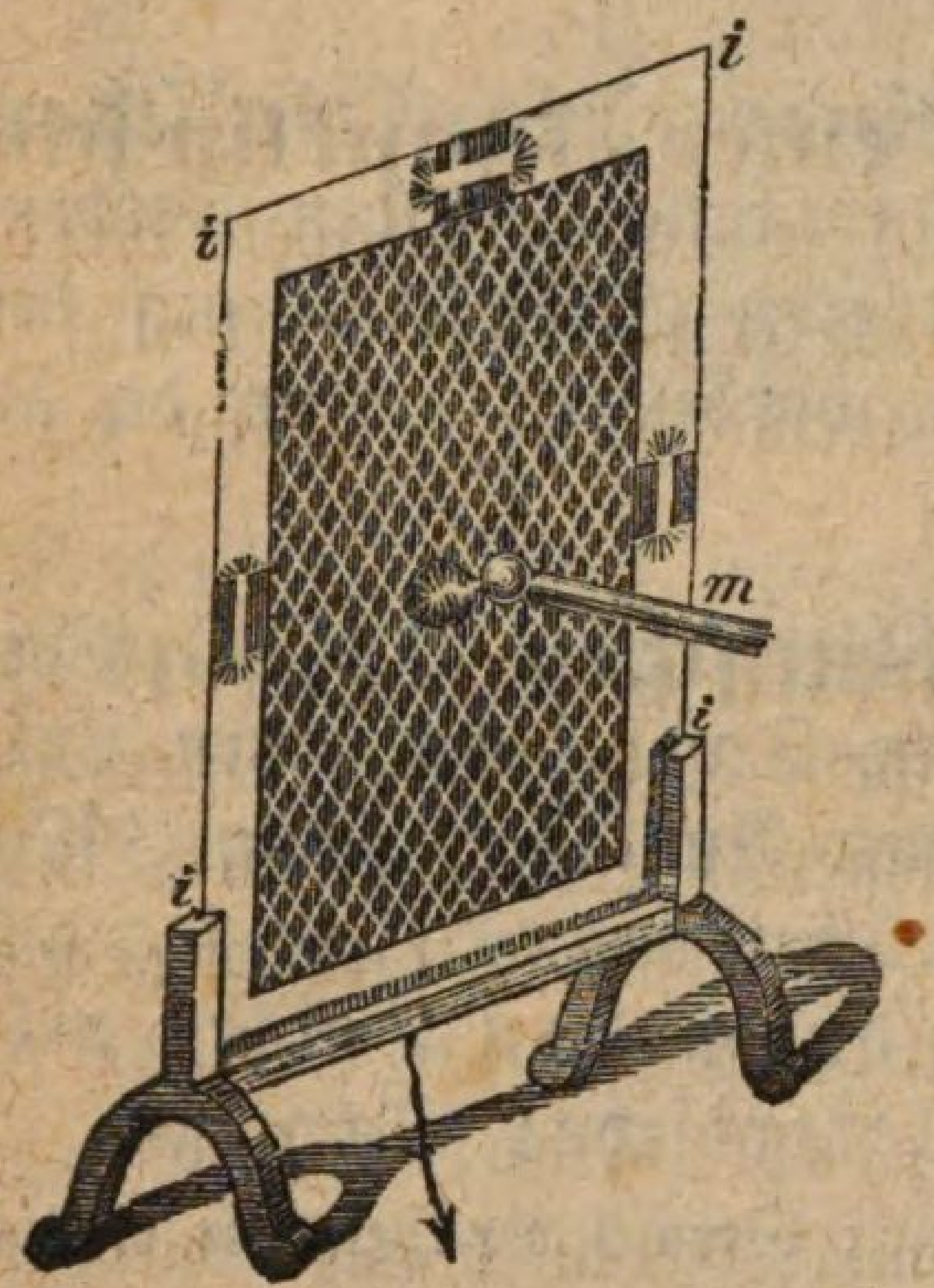
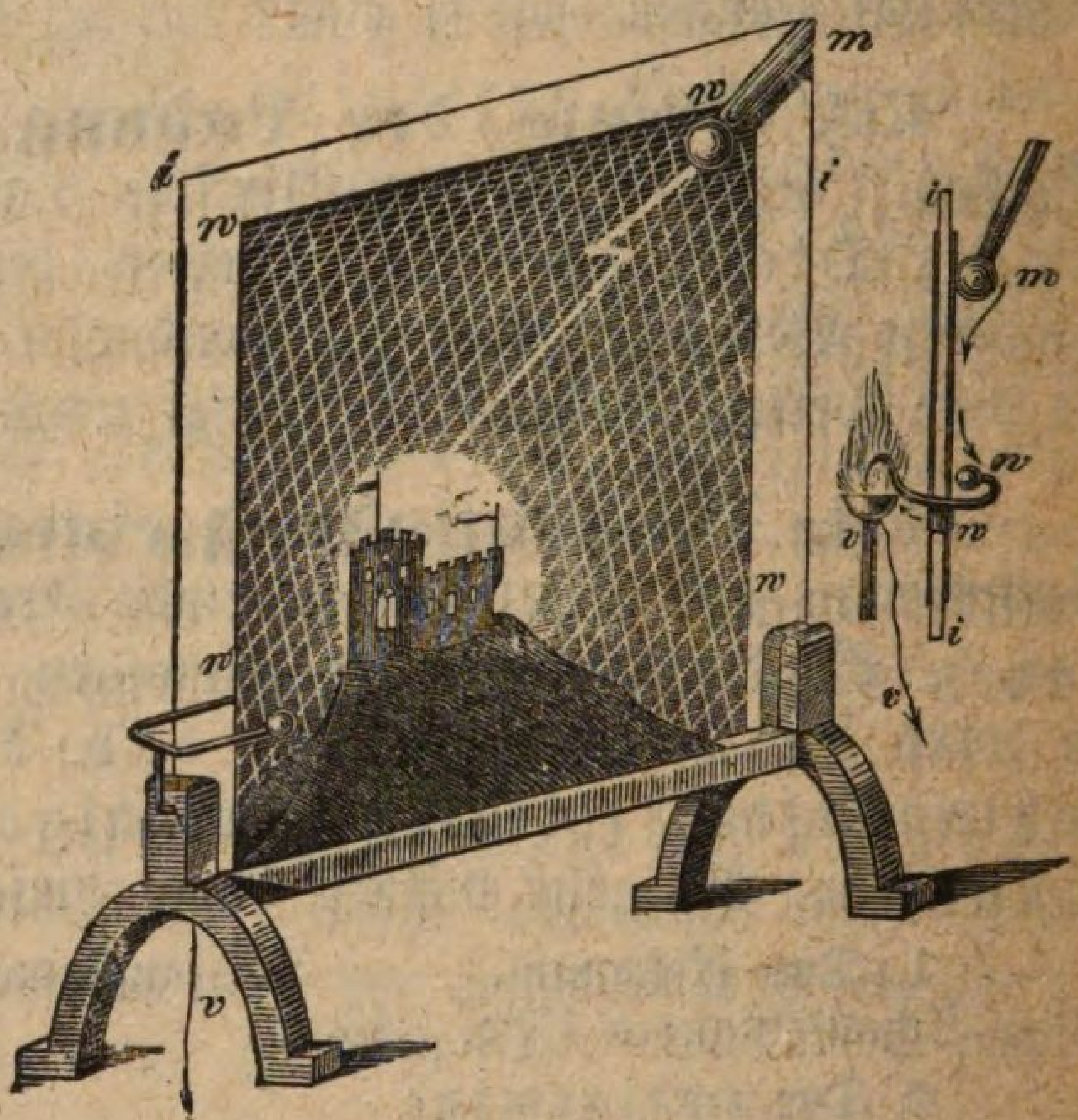


Fig. 346.



1. Selbstentladung mit Blitzschlag und Zündung von Aether u. dgl. m.

2. Ist (Fig. 345 und 346) die dem Zuschauer zugekehrte Belegung, nach dem Principe der elektrischen Illumination, netzförmig und von ungleich breiten Streifen unterbrochen, so wird beim Laden und noch stärker bei der Selbstentladung die Belegung im mannigfaltigsten Zickzack nach vielen Seiten, wie vom Blitze, beleuchtet werden. Muß bei dieser Selbstentladung der elektrische Funke durch Aether, so wird dieser entzündet — und stellt auf Transparenten (Fig. 346) eine Feuersbrunst o. dgl. vor.

457. **Die Verstärkungsflasche,** Leydner oder Kleist'sche Flasche (Fig. 347) besteht aus einem Glasgefäße, welches in- und auswendig, bis auf einen gut isolirenden Rand, mit Zinnblatt, Stanniol, belegt und mit einem Zuleitstabe versehen ist. Letzterer berührt mit dem unteren Ende unmittelbar oder mittels Kettchen, Metall-

schnürchen, falscher Goldbörtchen u. dgl. die belegten Wände oder den Boden des Gefäßes.

Fig. 347.

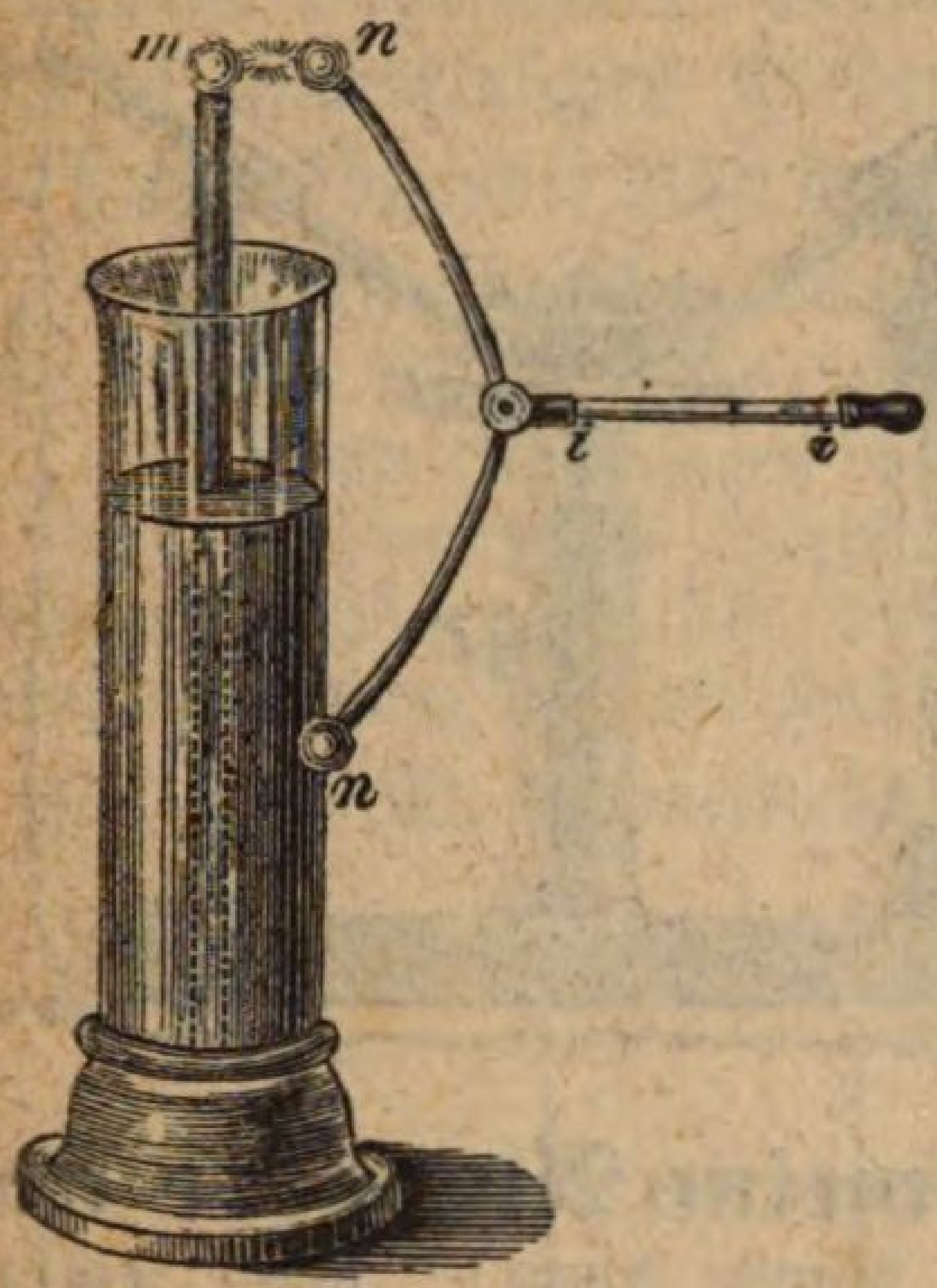


Fig. 348.

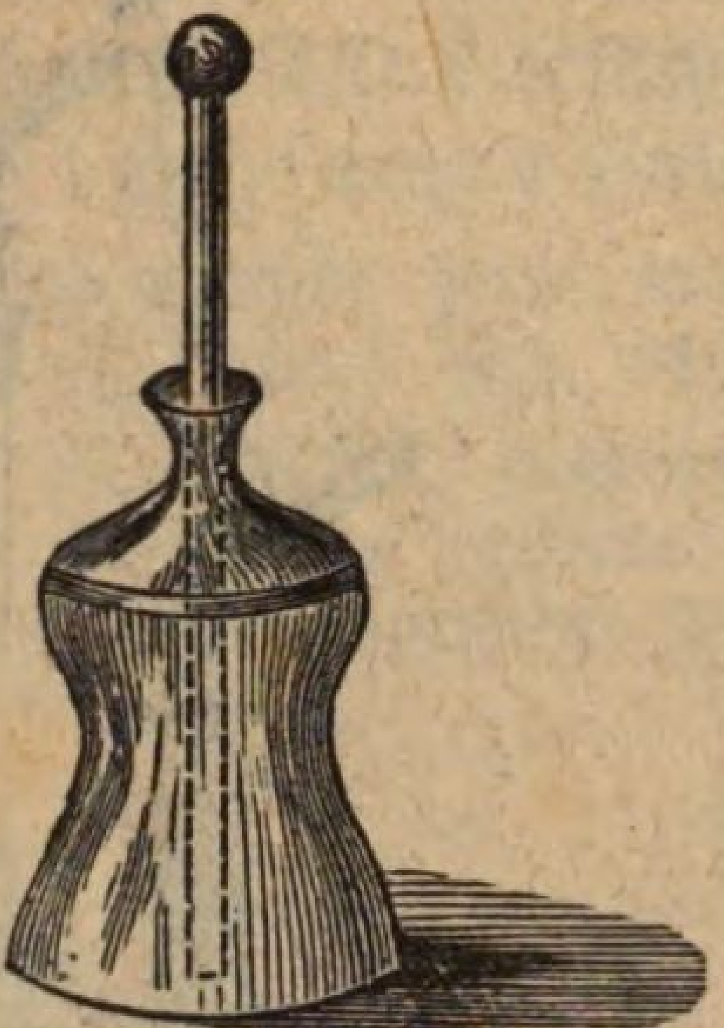


Fig. 349.

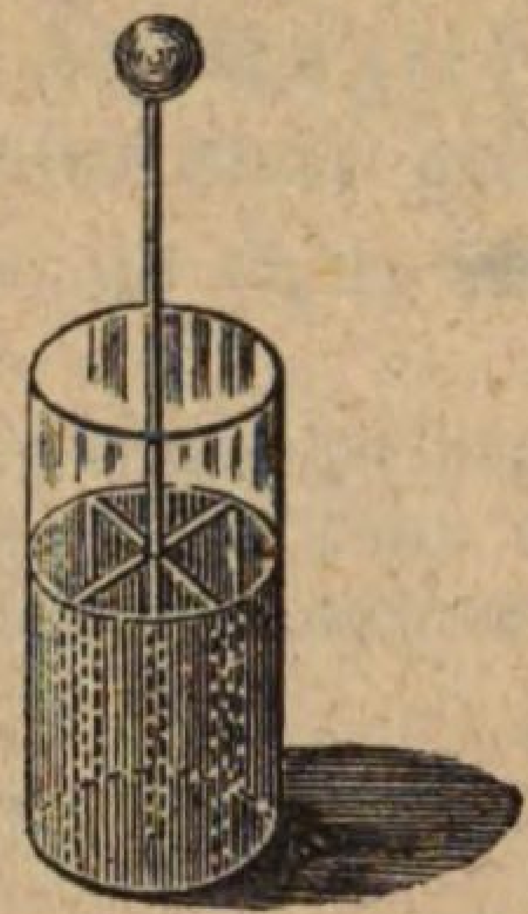


Fig. 350.



1. Die Verstärkungsflasche kann man sich als aufgebogene Franklin'sche Tafel vorstellen; wie so? Ihre Vorzüge im Vergleich mit der letzteren? Das Belegen der condensirenden Tafel (Fig. 342) ist jedoch leichter; wie so? — Erfunden 1745 von Kleist und Kunäus.

2. Die schmalen Gläser lassen sich leichter handhaben als die breiten Zuckergläser. Für Versuche mit einzelnen Flaschen zieht man sie daher auch vor.

3. Fig. 347 bis 350 zeigen verschiedene Formen von Verstärkungsflaschen. Die Zuleitstäbe sammt Kugeln sind hier aus Holz und mit Stanniol belegt.

4. Die in Fig. 349 dargestellte Verstärkungsflasche kann stets offen bleiben und erlaubt einen Blick in's Innere. Der Zuleitstab wird von den an der inneren Wand federnd liegenden Drähten gehalten.

5. Fig. 350 zeigt eine kleine Verstärkungsflasche, die an einem geriebenen Glasstab geladen wird. — Schüler-Apparat.

458. **Das Laden und Ausladen der Verstärkungsflasche.** Man ladet eine el. Verdichtungsflasche (Fig. 351), indem man sie bei der äußeren Belegung in der Hand hält oder sonst mit der Erde leitend verbindet, während man den Knopf an den Conductor einer thätigen Elektrisirmaschine legt. Auf der innern Seite häuft sich dann, ganz so wie bei der Franklin'schen Tafel, positive Elektricität, auf der äußeren negative Elektricität an.

Fig. 351.



Das Entladen einer Verstärkungsflasche sieht man an Fig. 347 und Fig. 365.

1. Beim kurzem Zuleitstabe springt, wenn die Verstärkungsflasche schon stark ge-

laden ist, d. i. bei vielen Scheibenumdrehungen, ein Funke, vermöge der Selbstentladung, vom Knopfe zur Belegung über (§. 456).

2. Fig. 352 zeigt eine Zerlegflasche mit Selbstentladung (vergl. §. 456).

Fig. 352.

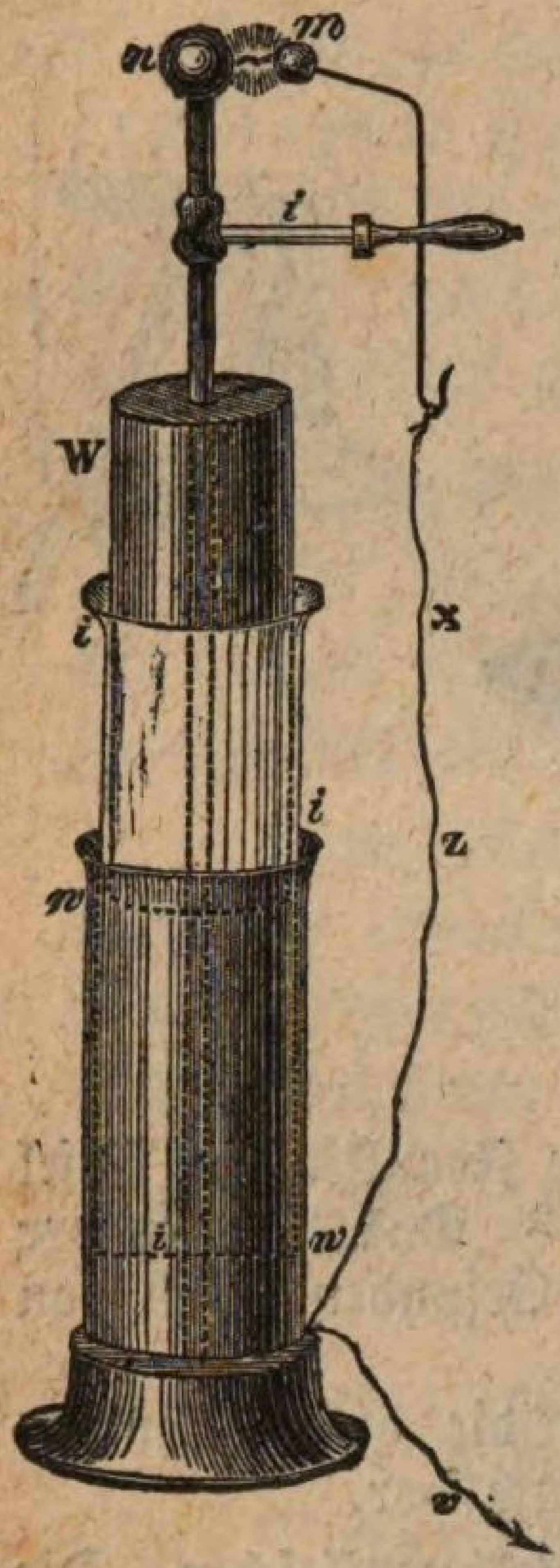
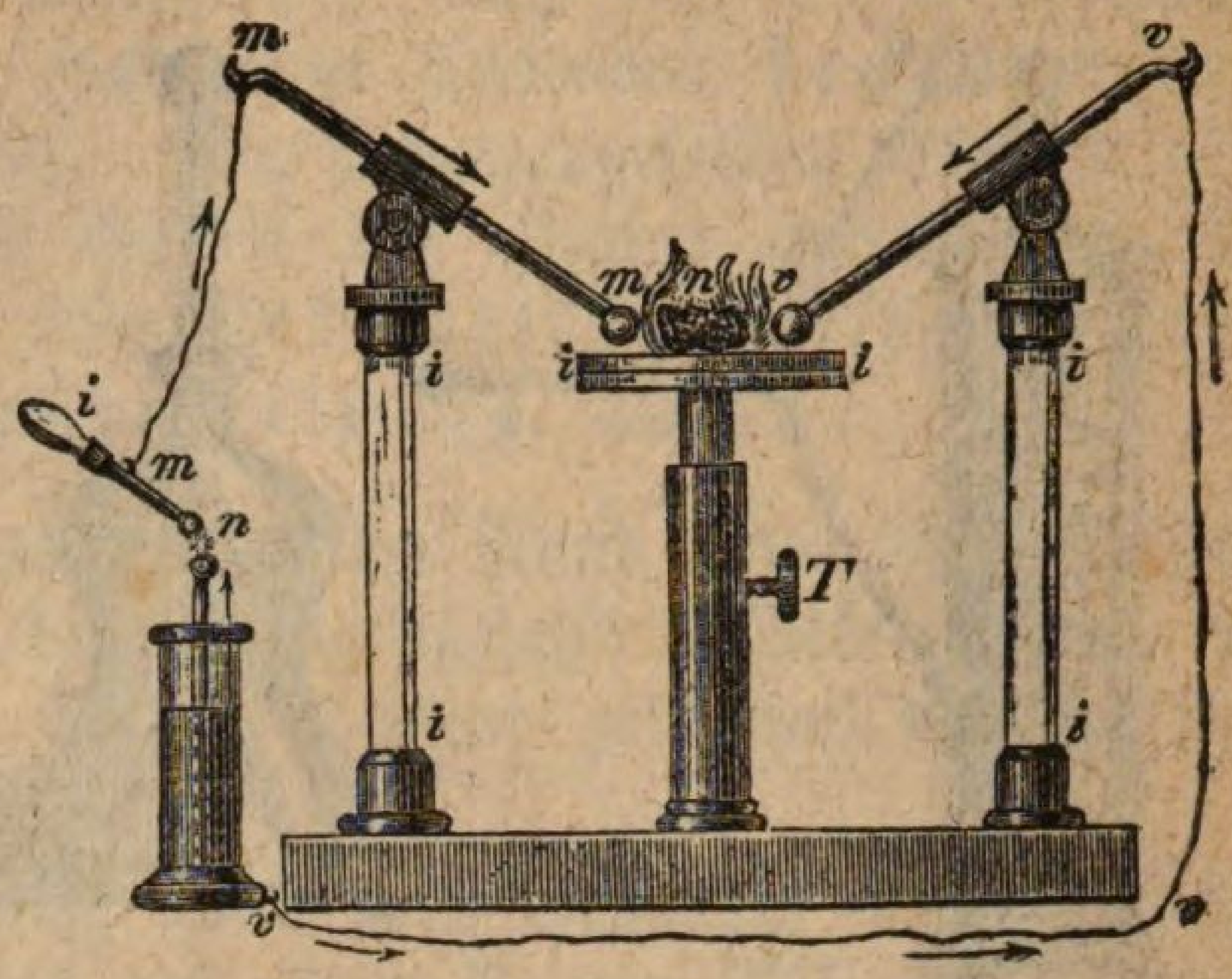


Fig. 353.



459. **Der allgemeine Auslader** von Henley (Fig. 353) dient dazu, den elektrischen Funken irgend einer Verstärkungsflasche durch einen eingeschaltenen Körper zu leiten. Hauptsache ist, daß die Zuleitstäbe nach allen Seiten hin frei beweglich seien; warum? — Henley 1775.

460. **Die elektrische Flaschenbatterie. — Der Sturz.** Verbindet man (Fig. 354) je die äußeren und je die inneren Belegungen mehrerer Verstärkungsflaschen leitend unter einander, so hat man eine elektrische Batterie. Dieselbe vertritt eigentlich eine einzige große Flasche, Sturz (Fig. 355), deren Belegung gleich ist der Summe der Belegungen aller Flaschen, aus welchen die Batterie besteht.

Fig. 355.

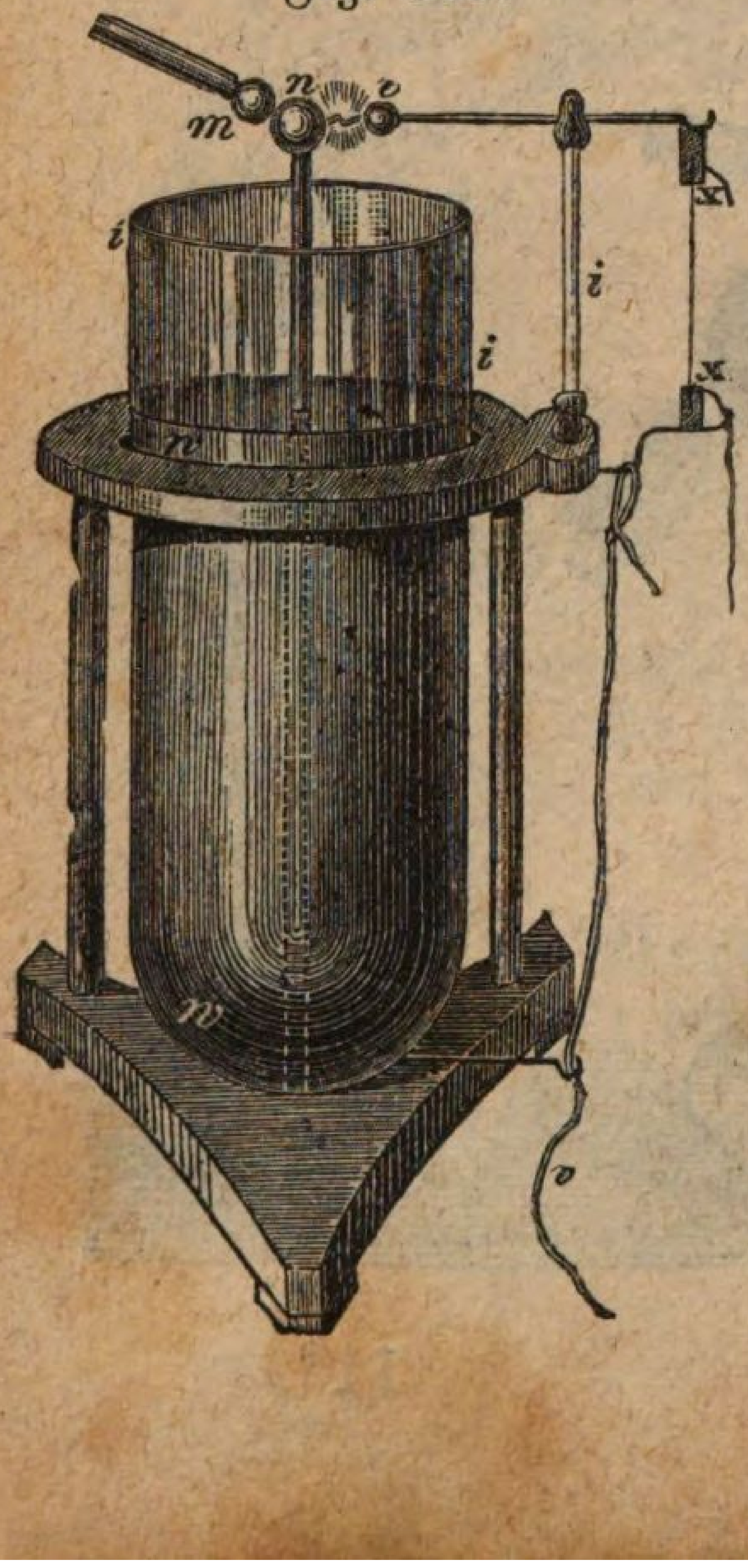
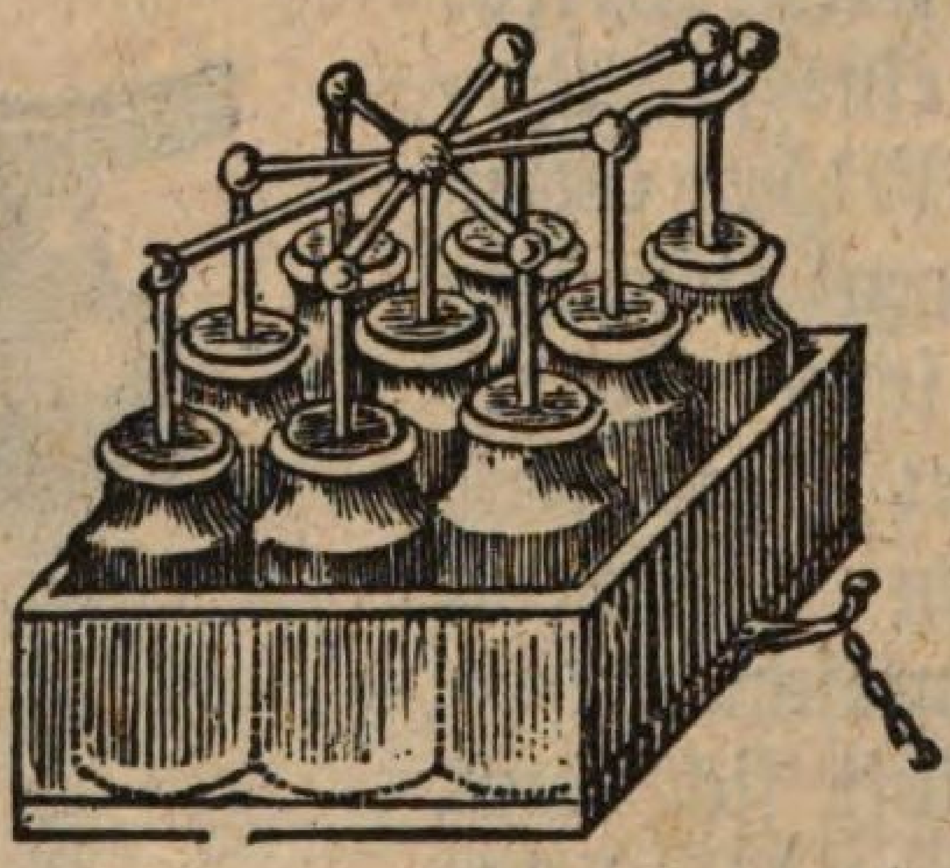


Fig. 354.



Die Verbindung der inneren Belegungen der Batteriegläser ist aus Figur 354 ersichtlich; jene der äußeren Belegungen ist dadurch erzielt, daß die Flaschen auf dem mit Stanniol belegten Boden eines Kastens stehen. Die Batterie wird ähnlicherweise wie die Verstärkungsflasche geladen und entladen; also wie? — Franklin 1757.

Je kleiner eine Maschine ist, und je schwächer sie wirkt, desto kleiner müssen auch die Nebenapparate (Fig. 312 bis 352) und die dafür bestimmten Verstärkungsflaschen, Batterien und Stürze gewählt werden.

Versuche mit Verstärkungsflaschen.

461. **Anziehung und Abstoßung.** Alle mit der Elektrisirmaschine angestellten Versuche lassen sich mit einzelnen oder verbundenen Verstärkungsflaschen wiederholen. Die Versuche der Anziehung und Abstoßung bewirkt man durch langsames Entladen einer geladenen Flasche.

1. Mittels einer Verstärkungsflasche zeigt man das Spiel mit der el. Fliege oder dem el. Schmetterling (Fig. 356 vergl. Fig. 312).

2. Das Herumjagen des el. Ballons, papierner Schmetterlinge, Flaumfedern, u. dgl. m. durch die elektrische Abstoßung gehören hierher. Dazu dienen schmale Leydner Flaschen mit sehr lang hervorragendem Zuleitstabe; warum? — Damit äußere Belegung und die Hand ferne seien.

Fig. 356. (El. Schmetterling).

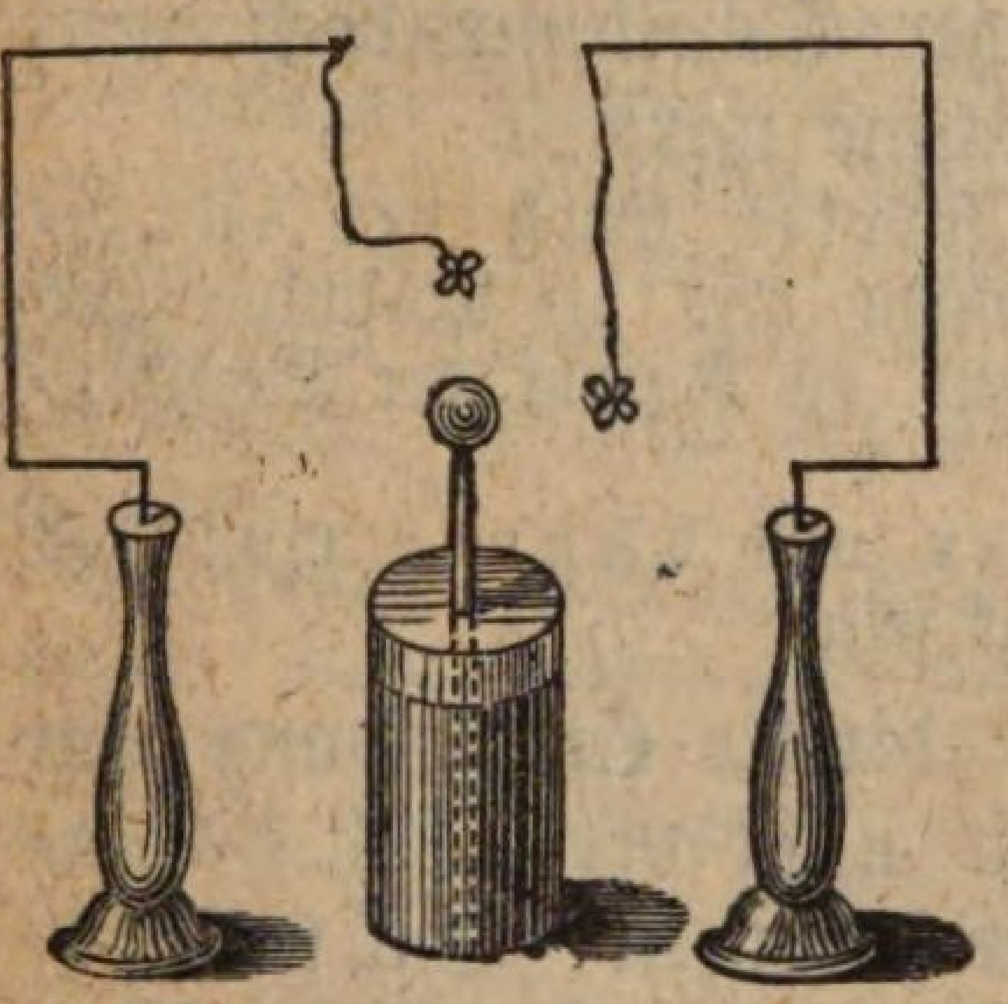
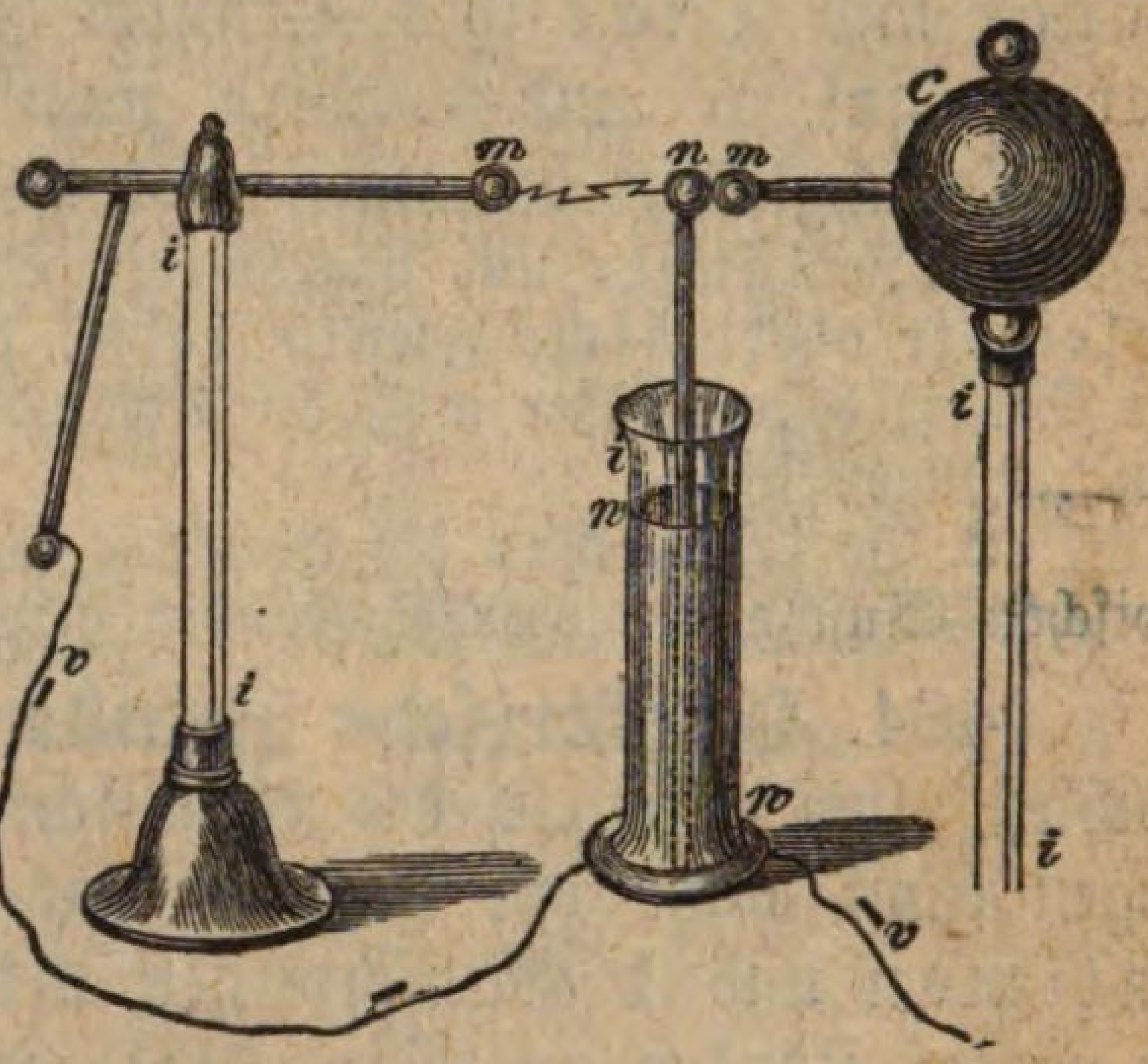


Fig. 357. (Langer Funke).



462. **Verstärktes elektr. Licht.** In Fig. 357 bis 359 sieht man Zusammenstellungen der Verstärkungsflasche für elektr. Lichterscheinungen.

Fig. 358.
(El. Ei mit Verstärkungsflasche).

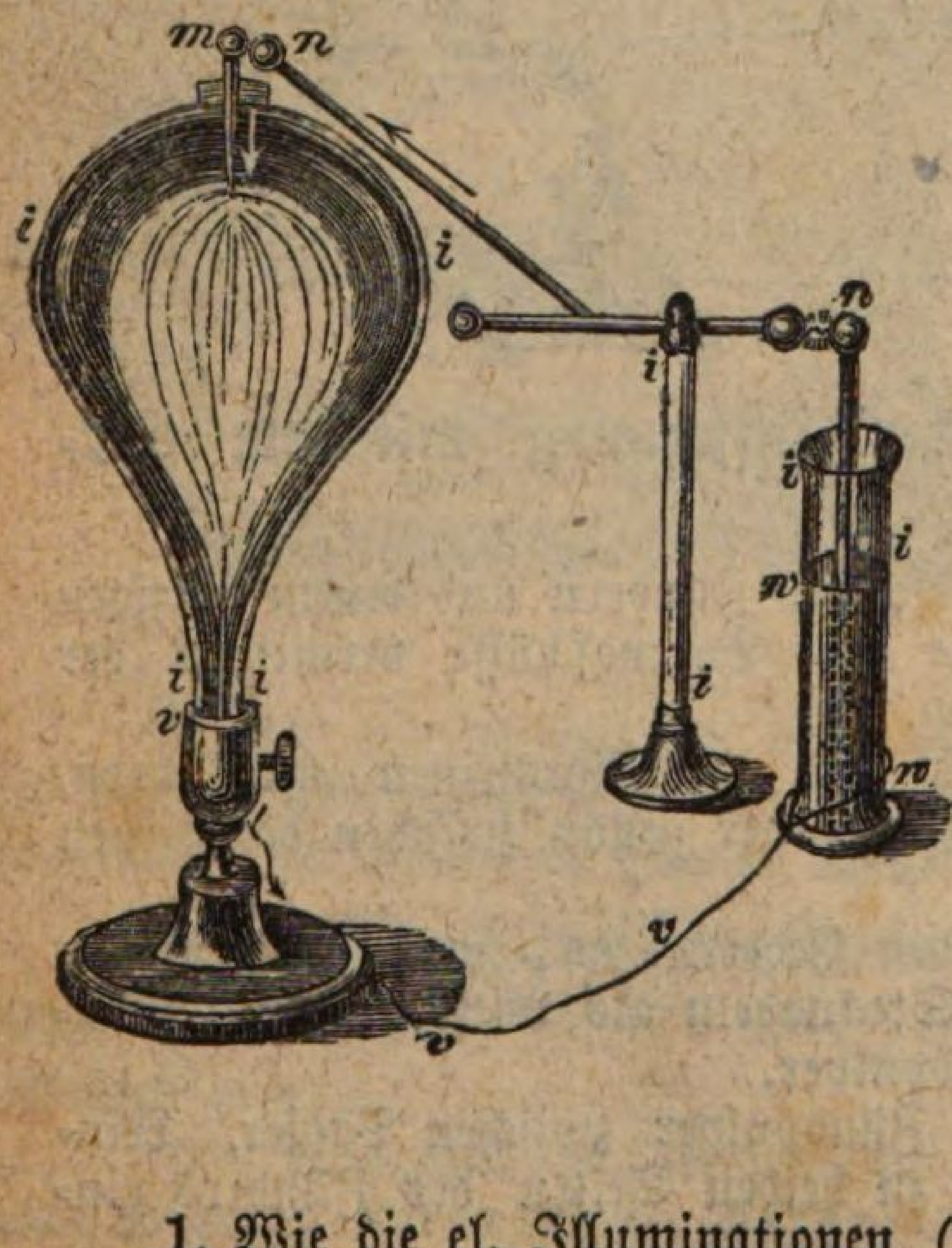
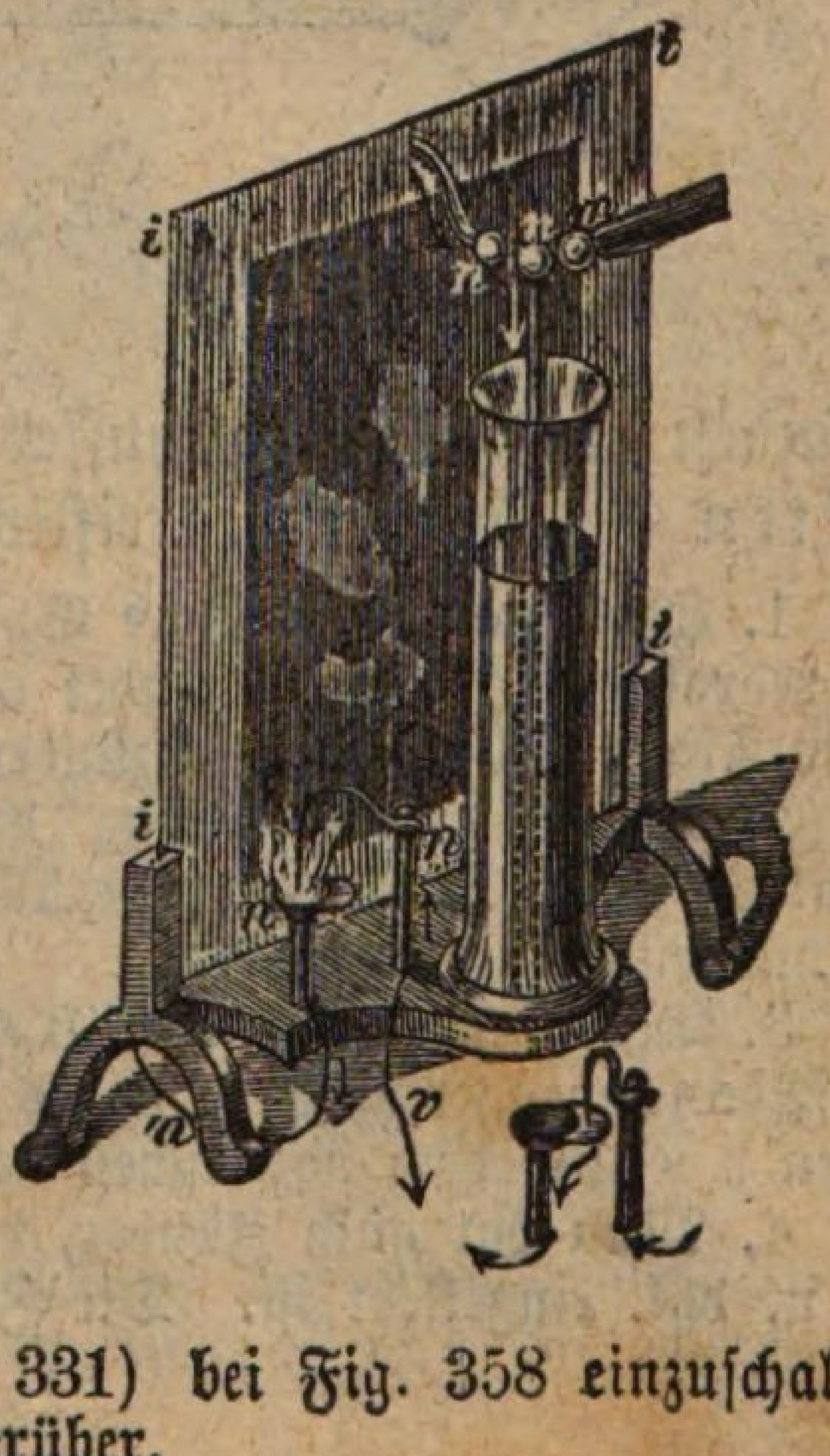


Fig. 359.
(Blitztafel mit Verstärkungsflasche).



1. Wie die el. Illuminationen (Fig. 329 bis 331) bei Fig. 358 einzuschalten seien, wird von selbst klar. — Zeichnungsaufgaben hierüber.

2. Für den langen Funken setzt man ein langes, gut leitendes Stäbchen in den Conductor (Fig. 357) statt des Knopfes ein.

3. Bei Fig. 359 zeigen sich, wegen der Netzform des Stanniols, schöne Blitzfiguren. Wenn der Haken n über dem Schälchen mit Aether steht, so entzündet sich dieser und beleuchtet eine transparente Stelle.

4. Zucker, Schwer- und Flußspath und andere leicht phosphorescirende Körper, durch welche man den Funken einer kräftigen elektr. Flasche schlagen läßt, leuchten noch kurze Zeit nachher im Finstern. — Geißler's Röhren mit Nachleuchten.

463. **Elektrisches Drahtschmelzen.** Wenn man durch einen sehr dünnen Platin- oder Eisendraht xx (Fig. 355) den elektrischen Strom aus einem großen Sturz oder einer Flaschenbatterie leitet, so wird derselbe roth- bis weißglühend und schmilzt. Man richtet den Versuch meistens mit Selbstentladung ein (§. 456). Bei gleichbleibender Länge und Dicke des Drahtes und bei unverändertem Stande der Kugel n und v wird man um so weniger Scheibenumdrehungen zum Durchglühen brauchen, je kräftiger die Maschine wirkt.

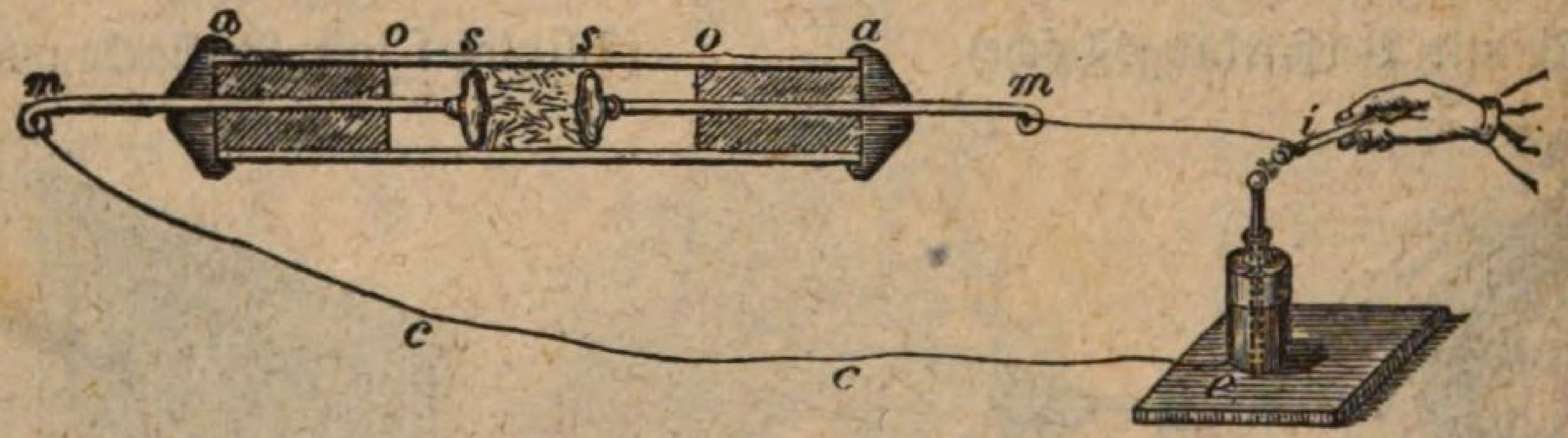
1. Je länger und dicker der Draht ist, desto stärker muß der durchgeleitete elektrische Funke sein, desto größer müssen also die Maschine und der Sturz, desto größer muß der Abstand der Kugeln und die Anzahl der Scheibenumdrehungen sein.

2. Je schwächer die Maschine wirkt, desto kürzer und dünner muß das zwischen Einschnitten oder Schrauben gespannte Drahtstück sein.

464. **Elektrische Zündungen.** Die direkte Entzündung von Schießpulver mittels des elektrischen Funkens ist nicht verläßlich. Hingegen kann man ein Pulver, das aus 1 Gewichtstheil Schwefelantimon und 1 Gewichtstheil chlorsauren Kali besteht und welches in einem Zünder aa (Fig. 360) gefüllt ist, sicher elektrisch entzünden.

Denkt man sich nun einen elektrischen Zünder aa in ein mit Schießpulver oder Schießbaumwolle gefülltes Sprengloch versenkt, so ist das

Fig. 360.



Entzünden des Sprengschusses aus größerer Entfernung mit dem verstärkten el. Funken begreiflich.

1. Hat man mehrere Sprengschüsse mit solchen Zündern und einem einzigen Leitungsdrahte versehen, so findet man leicht, wie jene Sprengschüsse vermittels der Leydner Flasche gleichzeitig entzündet werden können.

2. Ueber die Anfertigung des Zünders läßt sich im Allgemeinen nur sagen, daß das in einer halbleitenden Hülle enthaltene Zündpulver genau zwischen den beiden Zuleitungsenden zu liegen hat.

3. Der Zünder (Fig. 360) besteht aus einem Federkiel aa, aus zwei Stücken eines Federfahnengerippes a o als Verschluß, 2 Stecknadeln als Leiter, 2 Baumwollstückchen s s und dem dazwischen befindlichen Zündpulver.

4. Man hat auch Zünder, bei welchen das Zündpulver zwischen Papier, Leinwand u. dgl. eingeklebt ist. Die Zuleitung wird zu beiden Seiten des Zünders eingehakt.

5. Modelle für das Felsensprengen mit zusammenstürzenden Theilen.

6. Die erste gute Zündung mit dem oben erwähnten Zündpulver stammt von Gätzschmann 1842 und eine noch bessere, weit entfernte (5940 Meter = 2600 Klafter) Zündung von Winter 1845. Für militärische Zwecke hat General Ebner die elektr. Zündung ausgebildet.

7. Das elektr. Anzünden von Kerzen. Man bringe etwas von dem vorigen Zündpulver in ein feines Papier, drehe die offenen Enden in eine Spitze zusammen und befestige (Fig. 362) diesen „Zünder" zwischen der Zuleitung so, daß die Spitze des Zünders den Docht einer Kerze berührt. Der Docht wird mit einem leicht entzündlichen Stoffe, z. B. Terpentinöl o. dgl. etwas befeuchtet. Man kann in dieser Weise mittels kräftiger Flaschen sehr viele Kerzen auf einmal anzünden. (Elektr. vielarmige Lampen, Luster ꝛc.) — Fig. 361 zeigt einen schmalen Papierzünder z z, der das el. Sprengpulver enthält. Er liegt auf Baumwolle w, die zum Dochte geht.

Fig. 361.
(El. Kerze).

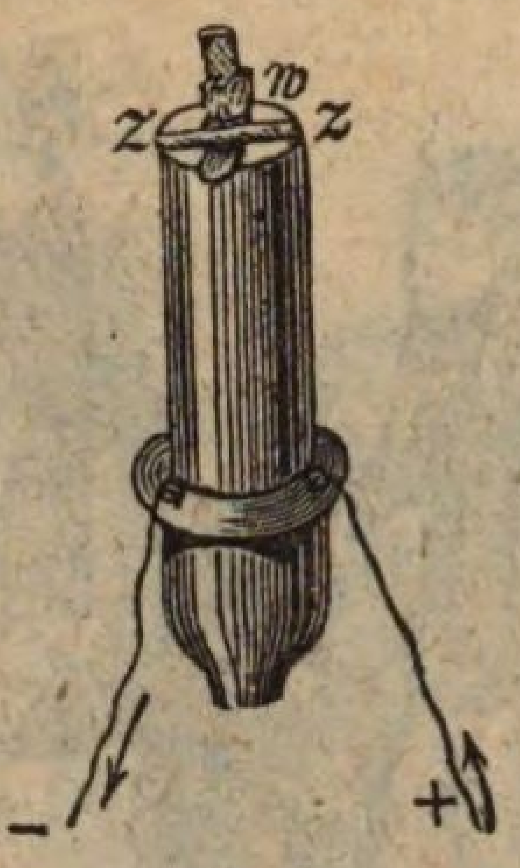
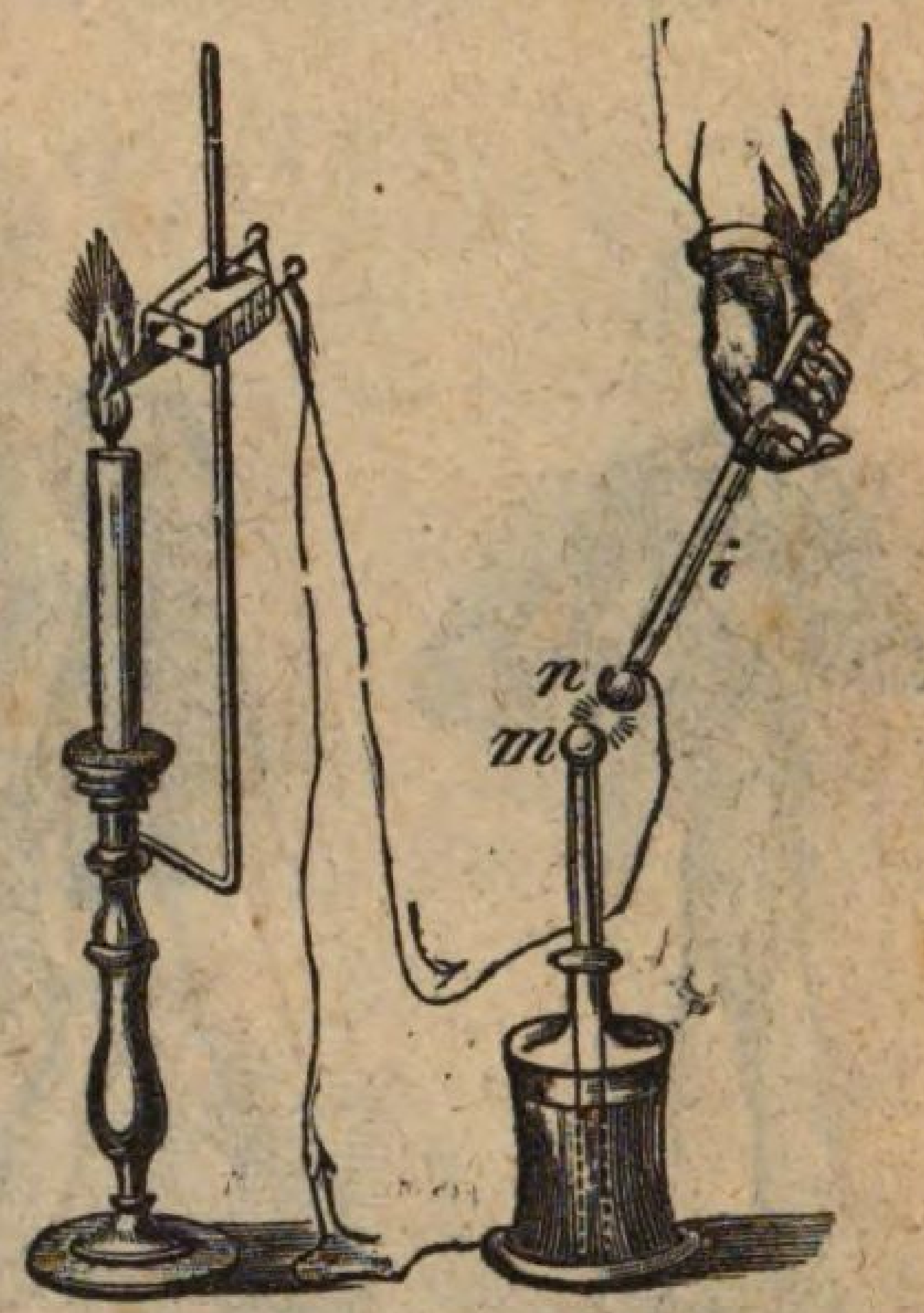


Fig. 362.
(El. Kerze).



8. Hieher gehört auch (Fig. 363) das el. Transparent. Vom Zünder geht eine schnell abbrennende, kurze Stupine in aufgeschüttetes Theaterfeuer. Dieß brennt einen Faden durch, welcher einen Vorhang vor dem Transparente in die Höhe hält.

Fig. 363.
(El. Transparent).

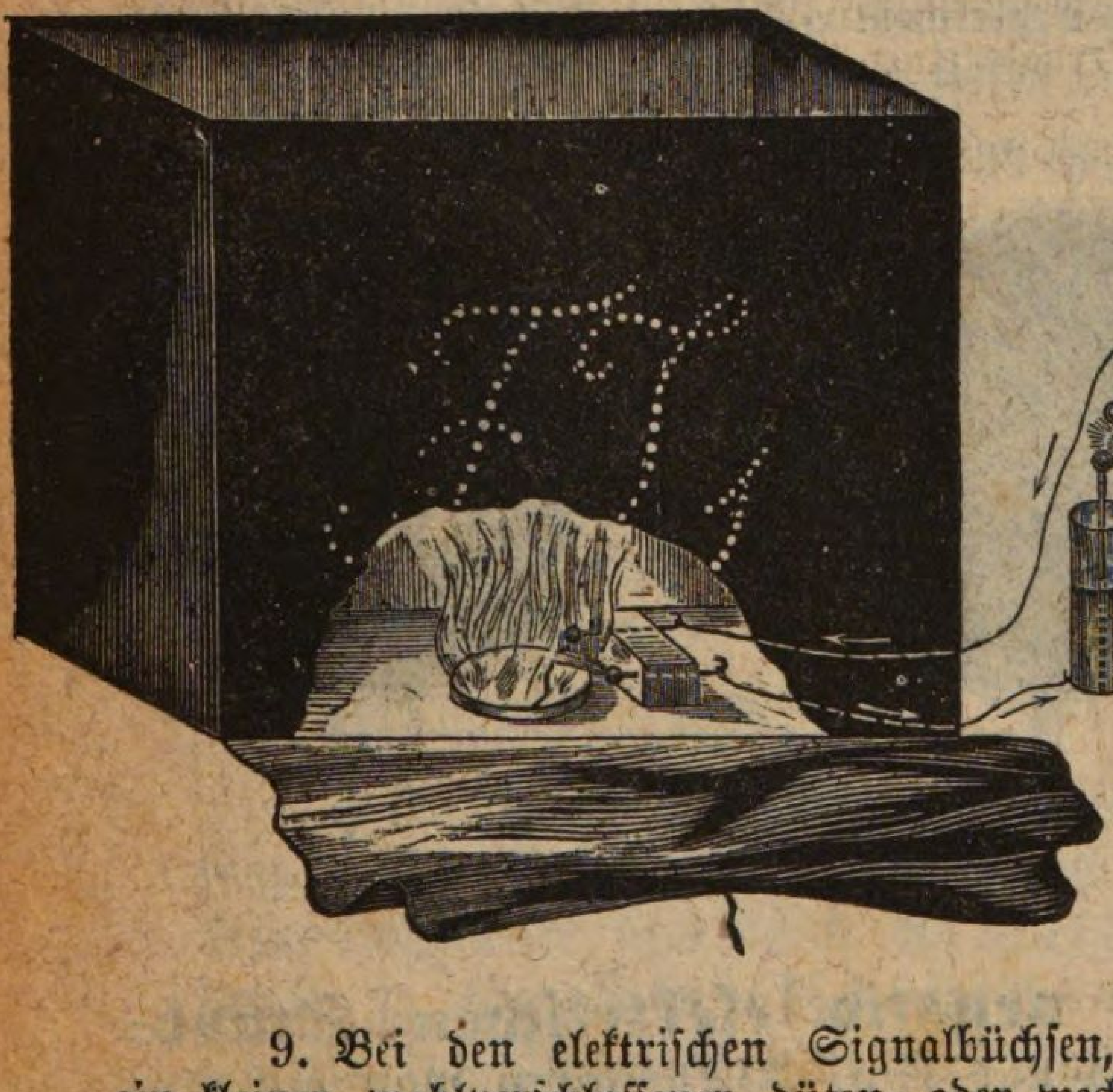
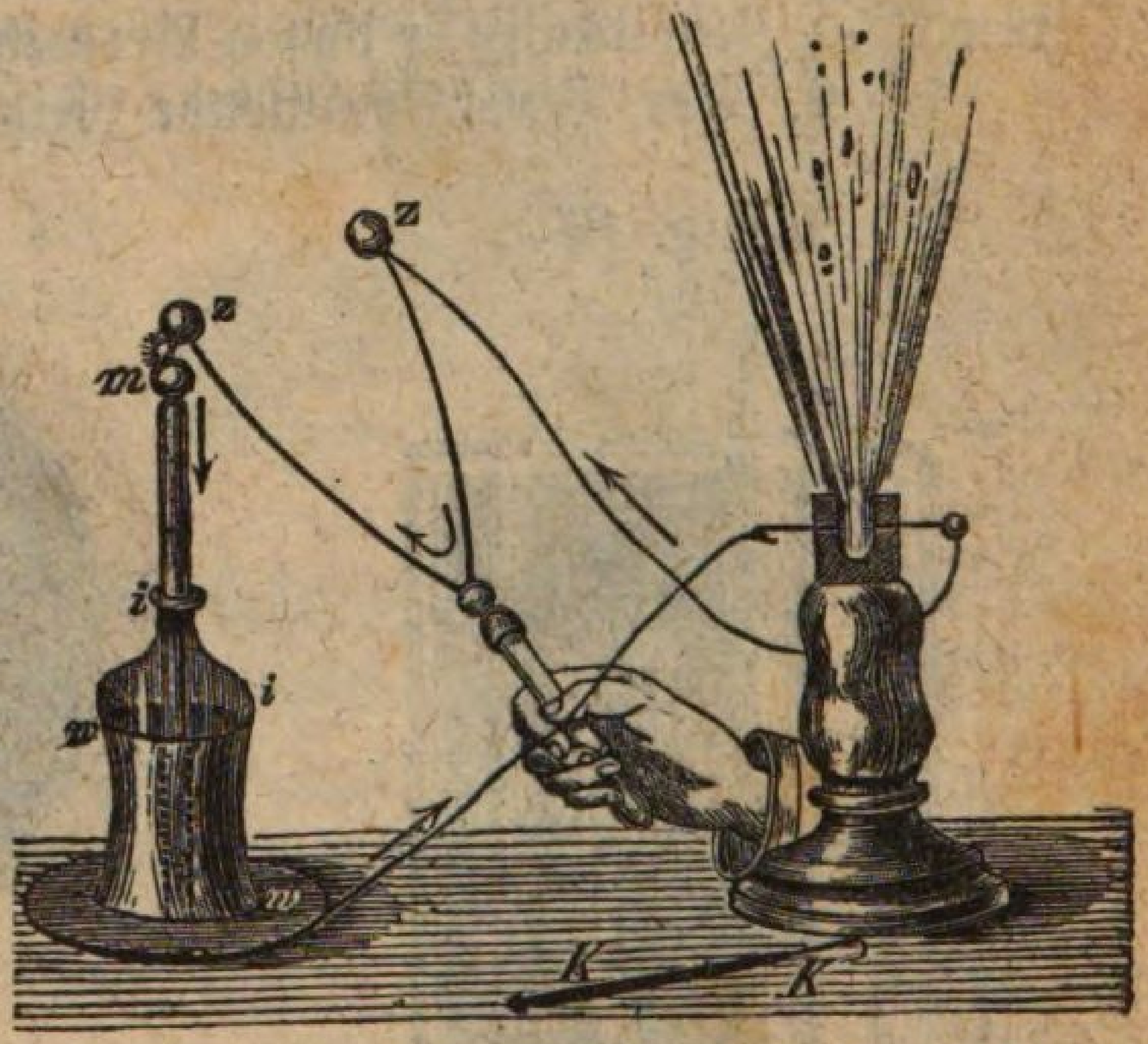


Fig. 364.
(El. Signalbüchse).



9. Bei den elektrischen Signalbüchsen, Pöllern u. dgl. (Fig. 364) wird stets ein kleiner, wohlverschlossener, düten- oder weckenförmiger Zünder zwischen den Zuleitungsenden durch den el. Funken aufgesprengt.

465. **Mechanische Wirkungen.** Mit einer Verstärkungsflasche kann man noch besser als mit dem Conductor (Fig. 338 u. 339) Glas durchschlagen.

Wie wird wol der Versuch für das Glasdurchschlagen angeordnet? Durchbohrung mehrerer Kartenblätter; beiderseits aufgeworfener Rand bei denselben. Durchbohrung einer Holz- und Pappscheibe und dgl. m.

466. **Physiologische Wirkungen.** Hält man (Fig. 365) eine geladene Leydner Flasche an der äußern Belegung mit der Hand, und nähert dem Knopfe den Knöchel eines Fingers der andern Hand, so erhält man einen starken Schlag. Die Erschütterung ist viel größer, als wenn man blos dem Conductor einen Funken entzieht.

Fig. 365.



Fig. 366.



1. Lähmungen und Blutspeien durch bedeutende Schläge. — Kleinere Thiere werden durch einen solchen stärkeren Schlag getödtet. — Gleichzeitige Empfindungen des el. Schlages in einer Kette von Menschen (Fig. 366), durch welche derselbe geleitet wird. — Zuleitung für diesen Versuch zum Experimentir-Tische. — El. Sessel und Bänke.
2. Der Hereinkommende (Fig. 367) erhält einen elektr. Schlag; wie so?

Fig. 367.

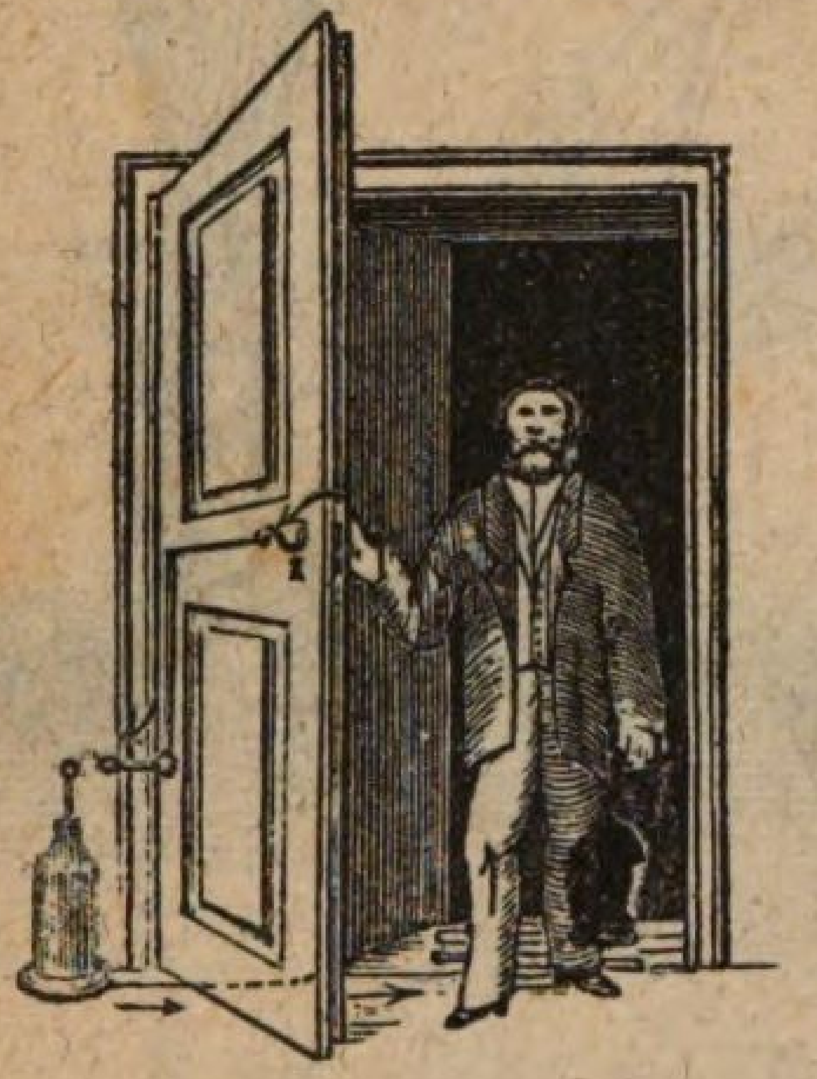


Fig. 368.

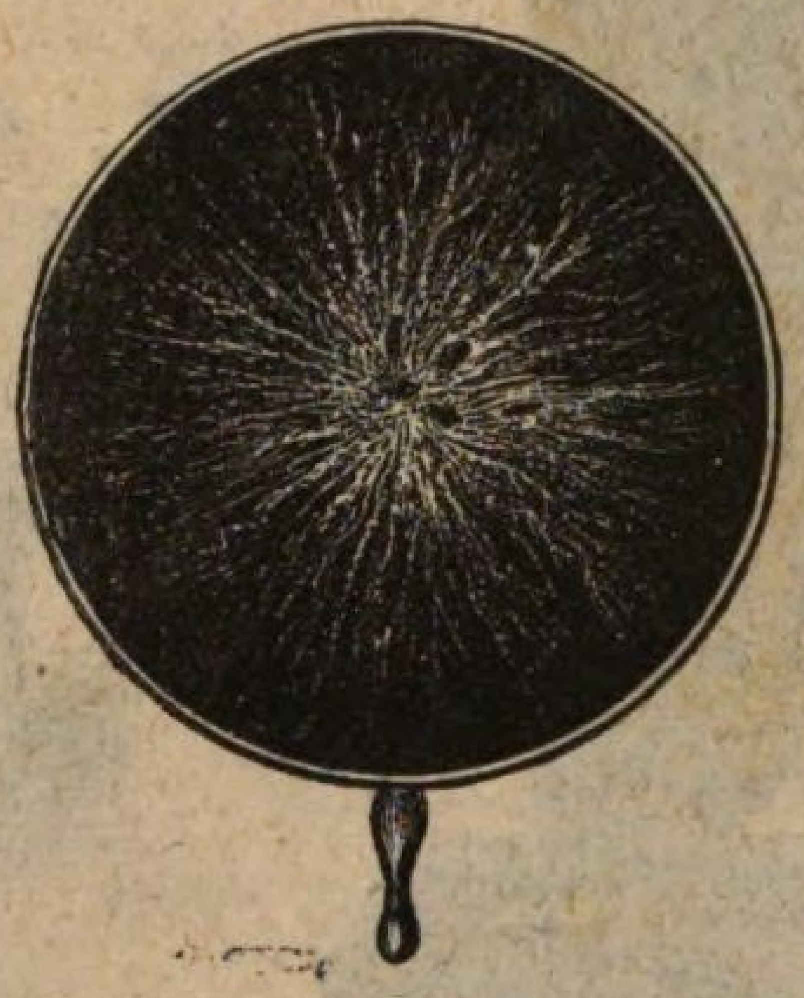


Fig. 369.



467. **Die positiv und negativ elektrischen Staubfiguren** werden erzeugt (Fig. 368 und Fig. 369), wenn man auf eine Harzscheibe oder, wie ich gefunden habe, auf wohlgetrocknete Glasscheiben einen metallenen Ring legt, und auf diesen, aus einer geladenen Verstärkungsflasche, einen kräftigen Funken überschlagen läßt. Wird der Ring entfernt, hierauf die Scheibe aus einem Staubbeutel mit Hexenmehl bestreut, so nimmt der feine Staub (Fig. 368) eine strahlige Form an, wenn der Funke positiv war.

Ist der Funke negativ, so zeigen sich strahlen- und spitzenlose rundliche Flecken (Fig. 369).

1. (+) Figuren mit Schwefelblumen; (—) Figuren mit Mennigstaub.

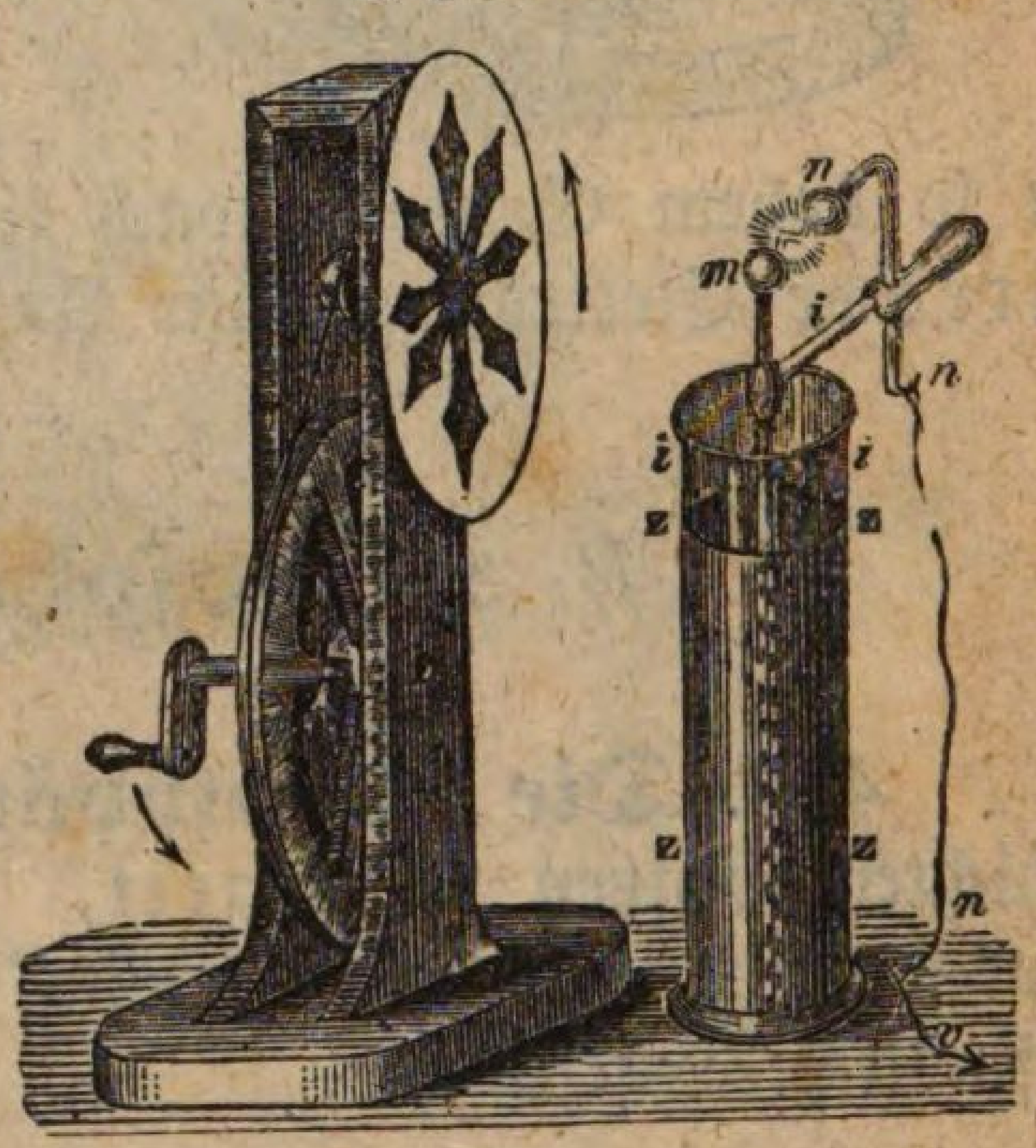
2. Figuren, wie eben gezeigt, erscheinen auch, wenn man von der Mitte der Harzscheibe aus mit dem + oder — elektrischen Knopfe einer Leydner Flasche immer weitere Kreise beschreibt und sie hernach mit einem gut leitenden Staub, Hexenmehl, Mennigpulver o. dgl. m. bestreut. — Erfinder der Staubfiguren Lichtenberg 1777.

3. Legt man einen glatten, dünnen Harzkuchen auf ein Blech und macht ihn positiv elektrisch; so zeigt sich die rückwärtige, auf dem Blech liegende Fläche durch Vertheilung (§. 427) negativ elektrisch. Durch Aufstreuen eines gut leitenden Staubes aus einem Staubbeutel kann man also hier auf der einen Seite die positiv, auf der andern die negativ elektrischen Staubfiguren erhalten.

4. Man kann gelungene Staubfiguren unter Glas und Rahmen bringen, und sie vor dem Verwischtwerden schützen.

468. **Dauer des elektrischen Funkens.** Man drehe (Fig. 370) eine mit verschiedenen Farben oder Figuren überzogene Scheibe derart schnell, daß man bei schwachem Licht die verschiedenen Farben oder Figuren zu erkennen nicht mehr im Stande ist. Beleuchtet man sie aber mit dem Funken einer kräftigen Verstärkungsflasche, dann unterscheidet man die Farben und Figuren so scharf von einander als ob die Scheibe in Ruhe wäre. Die Dauer des Funkens ist so kurz, daß während seines Leuchtens die Scheibe nur um ein unmerkliches Stückchen fortrückt.

Fig .370.



Aehnliche Fälle: die eilenden Vögel, die Räder rasch fahrender Wägen scheinen ruhig, wenn sie vom Blitze (§. 474) beleuchtet werden.

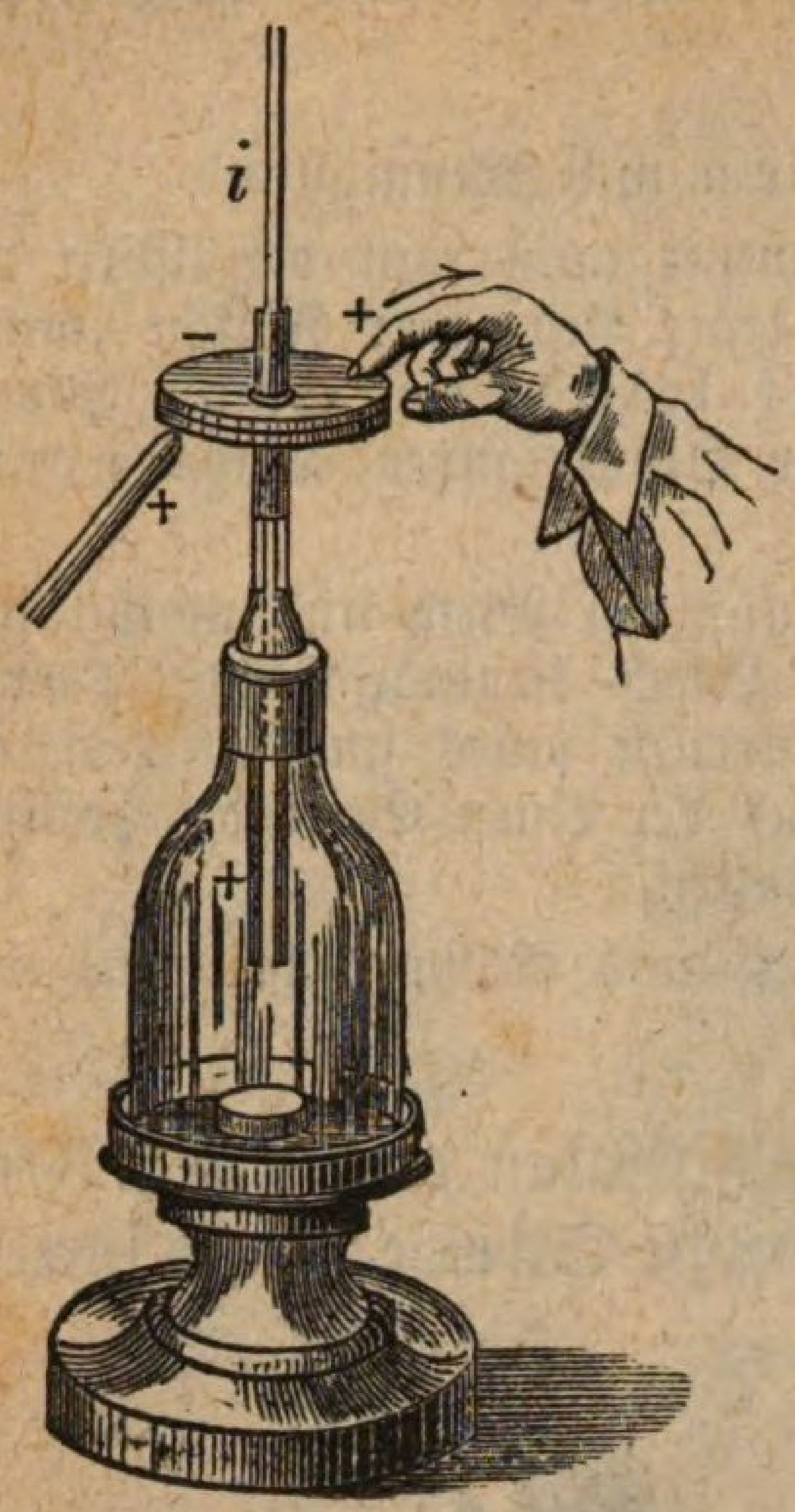
469. **Größe der elektrischen Geschwindigkeit.** Die Geschwindigkeit, mit welcher sich der elektrische Strom in einem 1·5 Millimeter (0·75 Linien) dicken Kupferdrahte fortpflanzt, wird auf 468,750 Kilometer (nahezu 62,500 deutsche Meilen) geschätzt.

Wheatstone 1833.

470. **Das Condensations-Elektroskop** (Mikro-Elektroskop, Fig. 371) ist, der Hauptsache nach, eine Franklin'sche Tafel. Die Stanniolblätter sind durch Metallplatten ersetzt und die Glasscheibe durch je eine Firnißschichte, welche an den sich berührenden Ebenen der Metallscheiben aufgetragen ist.

471. **Gebrauchsweise des Condensations-Elektroskopes.** Legt man einen äußerst schwach elektrischen Körper an die untere Platte und berührt die obere Platte mit dem Finger; so erfolgt, wie bei der Franklin'schen Tafel, eine Verdichtung von gleichnamiger Elektricität an der oberen Platte. Beide Elektricitäten binden sich gegenseitig.

Fig. 371.



Entfernt man nun die Elektricitätsquelle, und hebt die obere Platte parallel zur unteren ab, so wird die Elektricität in der unteren Platte frei, und treibt die Goldblättchen auseinander.

1. Fig. 301 bei m und n zeigt einen Condensator, wie ihn Winter für Schulversuche mit den einfachen Ballon-Elektroskopen auf einem gemeinschaftlichen Gestelle verfertigt.

2. Würde es hinreichen, nur eine der Platten an der Berührungsebene mit Firniß zu bestreichen?

3. Man könnte beim Condensator die obere Platte mit der Elektricitätsquelle leitend verbinden und die untere mit dem Finger berühren. Unterschied des Ergebnisses gegen vorhin? — Erfinder des Condensators Volta 1782.

472. **Die Anwendung des Condensations-Elektroskopes** tritt ein, wenn die vermuthete Elektricitätsquelle in so hohem Grade schwach ist, daß selbst das feinste, nicht condensirende Elektroskop keine Anzeige mehr macht.

B. Atmosphärische Elektricität.

473. **Die atmosphärische Elektricität.** Die oberen Luftschichten besitzen jederzeit, die unteren sehr oft freie Elektricität. Ausgenommen hiervon scheint nur die einige Meter über dem Erdboden befindliche Luftschichte.

474. **Der Blitz.** Im großartigsten Maßstabe haben die Gewitterwolken freie Elektricität. Entladet sich eine elektrische Wolke gegen eine andere oder gegen die Erde hin, so erscheint der Entladungsfunke als Blitz, dessen Formen sehr verschieden sind.

Zickzackblitz. — Flächenblitz. — Höchst selten Kugelblitz.

475. **Der Donner.** Der mächtige, tief mannigfach an- und abschwellende Schall, welcher von dem großen elektrischen Funken bei seinem Durchgange durch die Luft erregt wird, heißt Donner.

1. Die Ursachen der atmosphärischen Elektricität sind noch nicht genügend bekannt.

2. Die Aehnlichkeit des Blitzes und des Donners mit dem elektr. Funken war schon dem Dr. Wall 1708 aufgefallen.

3. Franklin war der erste, der mit Gewißheit nachwies, daß die Wolken elektrisch sind. Er ließ (1752) einen papiernen, mit einer gut leitenden Spitze versehenen Drachen an einer Hanfschnur aufsteigen. Als diese durch den Regen naß und dadurch besser leitend geworden war, konnte er aus einem Schlüssel, welcher an der Schnur befestigt war, elektrische Funken ziehen. Die Schnur selbst wurde an einem Seidentuche gehalten; warum?

476. **Der Blitzableiter** (Fig. 372) führt den nahen Blitz auf sich und von da unschädlich in die Erde. Er besteht:

Aus metallenen, oben scharf zugespitzten Auffangstangen, welche an den höchsten Punkten des Gebäudes befestigt sind.

Aus der Ableitung, d. i. einem dicken Drahte (Metallstange, Metallseil), welcher die Auffangstangen mit einander verbindet, und der bis in die Erde ohne Unterbrechung geht.

1. Die möglichst scharfe Spitze der Auffangstange ist vergoldet oder aus Platin; warum?

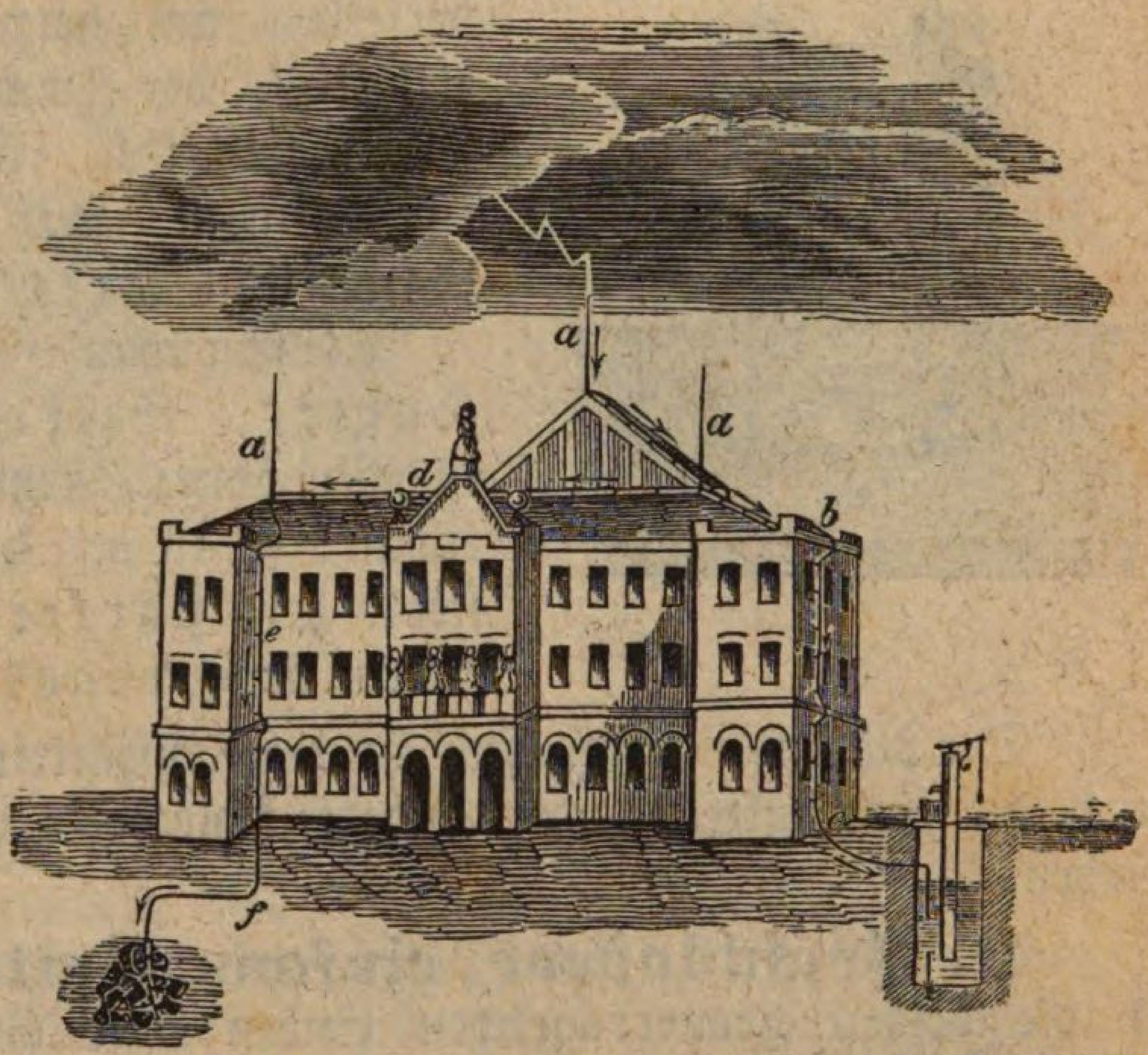
2. Eine jede Auffangstange schützt nur einen kleinen Kreis.

3. Ein Gebäude muß also desto mehr Auffangstangen erhalten, je länger es selbst und je geringer die Höhe der letzteren ist. Größere Metallmassen des Gebäudes müssen mit der Ableitung leitend verbunden werden.

4. Die Drähte, besonders eiserne, müssen dick (12 Millim.) genommen werden, damit sie nicht abschmelzen.

5. Modell eines Blitzhauses zur Versinnlichung des Einschlagens und mit Herstellung der Ableitung zur Erde. — Erfinder des Blitzableiters Franklin 1753.

Fig. 372.



6. Da der Blitz eine äußerst kräftige, elektrische Entladung ist, so kann man leicht die allgemeinen Regeln für das Verhalten bei einem Gewitter ableiten; wie werden sie lauten?

7. St. Elmsfeuer oder Castor und Pollux sind elektrische Büschel, welche durch eine von elektrischen Wolken herrührende Vertheilung aus spitzigen, irdischen Körpern strömen; dieses elektr. Licht erscheint im Winter häufiger als im Sommer; warum? — Niedrigere Wolken.

C. Elektricität durch Berührung (Galvanismus).

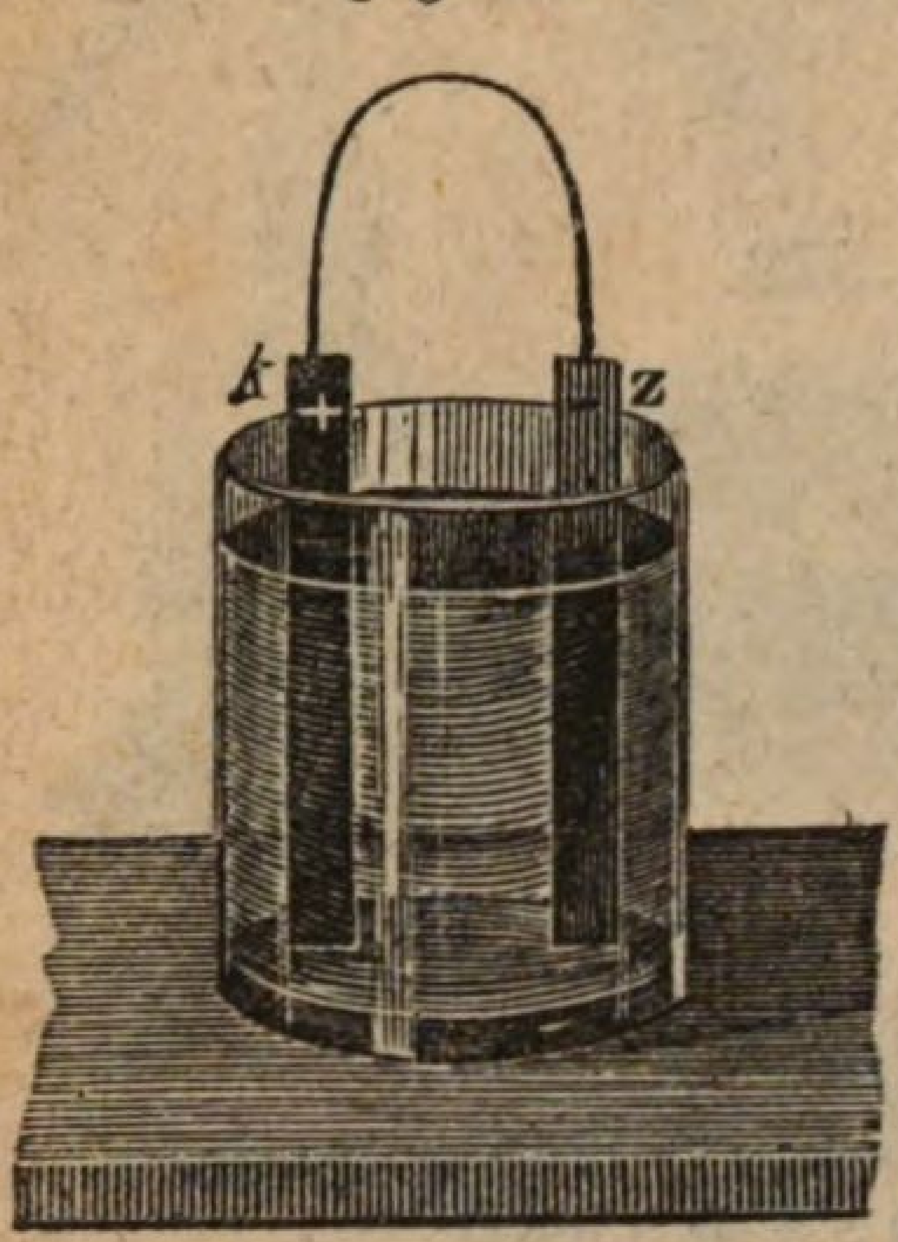
1. Grundwahrheiten.

477. **Elektromotoren.** Alle Metalle und die Kohle, wenn man sie einzeln in eine Flüssigkeit taucht, zeigen am hervorragenden Ende freie Elektricität. Die Flüssigkeit besitzt die entgegengesetzte Elektricität. Der Grad der elektrischen Dichtigkeit und die Art (+ oder —) der Elektricität ist aber nach Umständen sehr ungleich.

Die Ursache dieser Elektricitäts-Erregung heißt elektromotorische Kraft. Körper, welche durch gegenseitige Berührung Elektricität entwickeln, werden Elektromotoren genannt.

Volta hat (1793) zuerst gezeigt, daß durch die gegenseitige Berührung fester, ungleichartiger Körper, besonders der Metalle und der Kohle, Elektricität entstehe. Die Berührung der Metalle und der Kohle mit verdünnten Säuren und mancherlei Salzlösungen ist jedoch eine bei weitem reichere Quelle der Elektricität. Galvani gab (1789) die erste Veranlassung zu Volta's Versuchen in dieser Richtung. Man nennt aus diesem Grunde die elektromotorische Kraft auch Galvanismus oder Voltaismus.

Fig. 373.



478. **Offene, einfache Volta'sche Kette.** Stehen (Fig. 373) zwei sich nicht berührende Elektromotoren gleichzeitig in einer Flüssigkeit, so erscheint der stärkere derselben am hervorragenden Ende negativ elektrisch, der schwächere ebenso stark positiv elektrisch. Eine jede derartige Vorrichtung nennt man eine offene, einfache Volta'sche Kette.

Wenn man Zink, Zinn, Blei, Eisen, Kupfer, Silber, Platin oder Kohle in verdünnte Schwefel- oder Salpetersäure taucht; so ist der hier voran genannte Stoff stets der stärkere Elektromotor und am freien Ende negativ elektrisch.

Die Metalle dürfen sich in der Flüssigkeit nicht berühren; sie müssen durch die Flüssigkeiten oder andere schlechtere Leiter auseinander gehalten werden.

479. **Geschlossene, einfache Volta'sche Kette.** Berühren sich die beiden hervorragenden Enden oder Pole der Metalle, oder verbindet man sie durch einen Draht, so heißt die Kette geschlossen (Fig. 373).

Bei einer geschlossenen Volta'schen Kette verschwindet die elektrische Dichtigkeit an den Polen. Es entstehen nämlich, wie bei der Entladung einer Elektrisirmaschine (S. 149), zwei Ströme, ein positiver und ein negativer.

Der positive Strom geht außerhalb der Flüssigkeit vermittels des Schließungsdrahtes vom Kupfer k (Fig. 373) zum Zink z und hierauf innerhalb der Flüssigkeit vom Zink zum Kupfer.

Außerhalb der Flüssigkeit ist daher Kupfer der positive und Zink der negative Pol; innerhalb derselben verhält es sich umgekehrt.

480. **Ersatz der abgeflossenen Elektricität.** Die außen, von dem Kupfer abgeflossene positive Elektricität wird durch die zwischen der Flüssigkeit und den Metallen thätige elektromotorische Kraft augenblicklich wieder ersetzt, worauf sie abermals abfließt u. s. w. Dadurch entsteht die ununterbrochene Strömung der positiven Elektricität. Auf ähnliche Weise verhält es sich mit der Strömung der negativen Elektricität, nur ist ihre Richtung entgegengesetzt. Gewöhnlich spricht man nur vom positiven Strome.

481. **Schema der heutigen Volta'schen Ketten.** Das Schema der vorigen Kette ist: Zink, Flüssigkeit und Kupfer, d. i. ZFK.

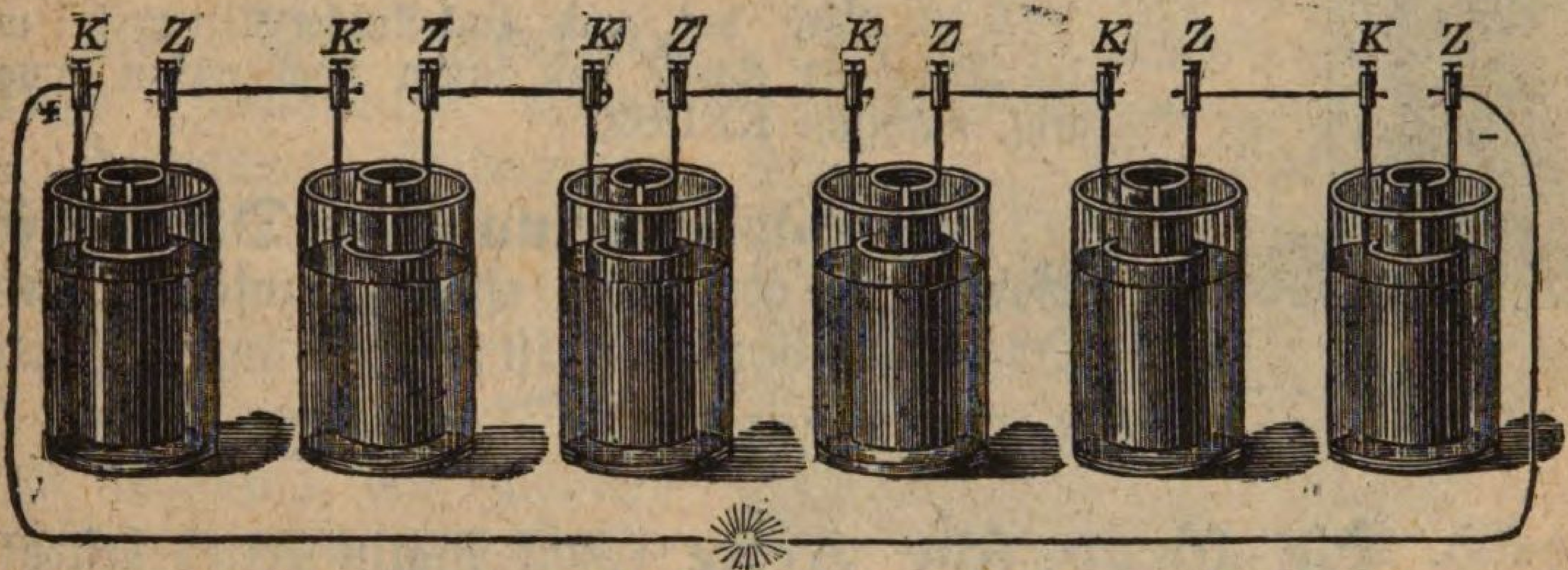
Man denke sich nun mehrere solche offene Ketten neben einander gestellt; so ist das Schema derselben:

ZFK ZFK ZFK ZFK . . . .

Verbindet man diese nun durch Drahtbögen, wie dieß in

ZFK⌒ZFK⌒ZFK⌒ZFK . . . . und Fig. 374 angedeutet ist, so hat man eine offene, zusammengesetzte Volta'sche Kette oder Volta'sche Batterie. Bei einer solchen nimmt von beiden Endplatten oder den Polen die elektr. Dichtigkeit gegen die Mitte hin ab. In der Mitte selbst ist die elektr. Dichtigkeit Null.

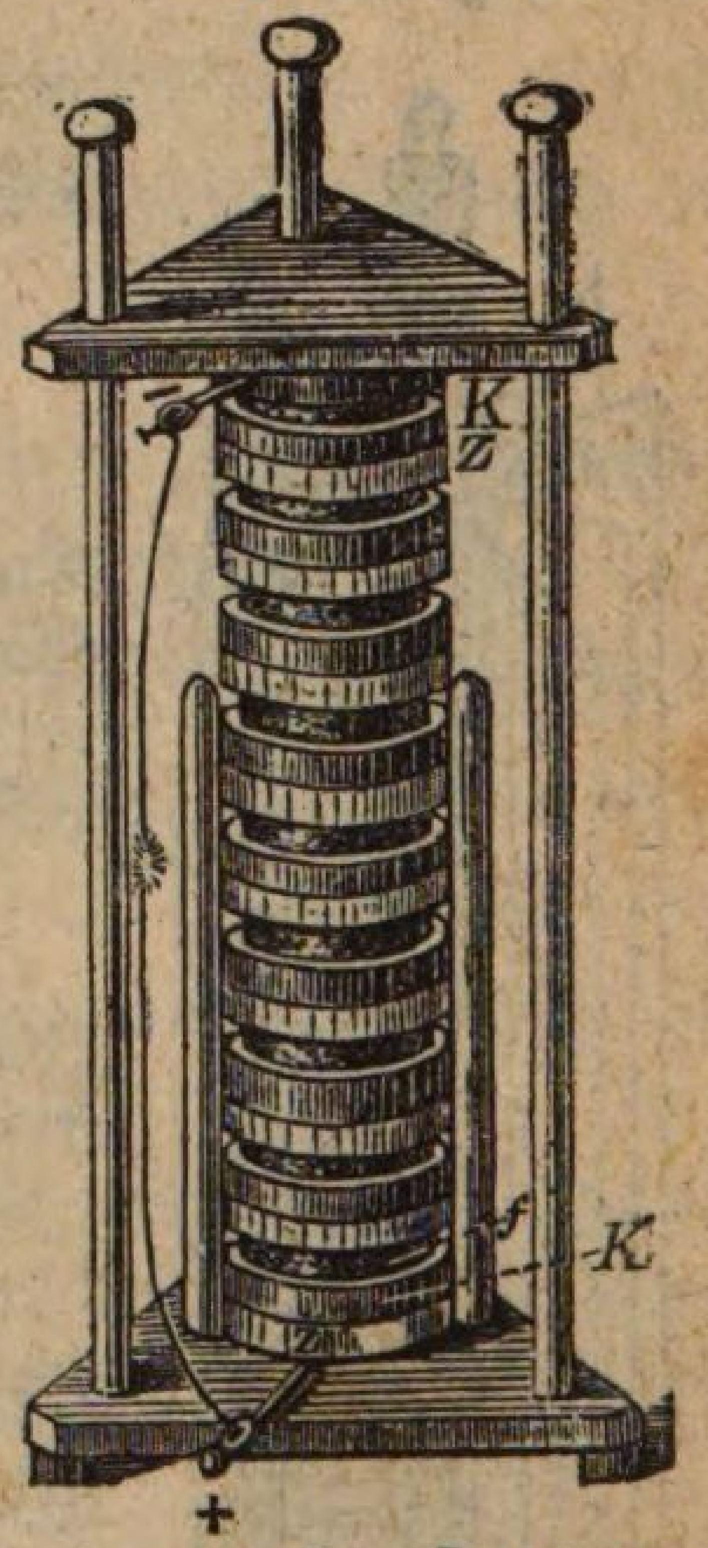
Fig. 374.



Aus je mehr einfachen Ketten eine zusammengesetzte Kette besteht, desto größer ist die elektrische Dichtigkeit, also auch die Spannung an ihren Polen.

Fig. 375 zeigt eine Batterie, Kette oder Säule, wie sie Volta ursprünglich (1799) aufgebaut hat. Zwischen je einer Zink- und Kupferscheibe liegt eine mit verdünnter Säure oder Salzlösung getränkte Tuch-, Zeug- oder Fließpapierscheibe.

Fig. 375.



Verbindet man (Fig. 374 u. 375) beide Pole durch einen Draht, so hat man eine geschlossene Volta'sche Batterie; es entsteht dann, wie bei der einfachen Kette, ein elektrischer Strom. Dieser Strom ist stärker als bei der einfachen Kette, weil die elektrische Dichtigkeit an den Polen der offenen Batterie größer war.

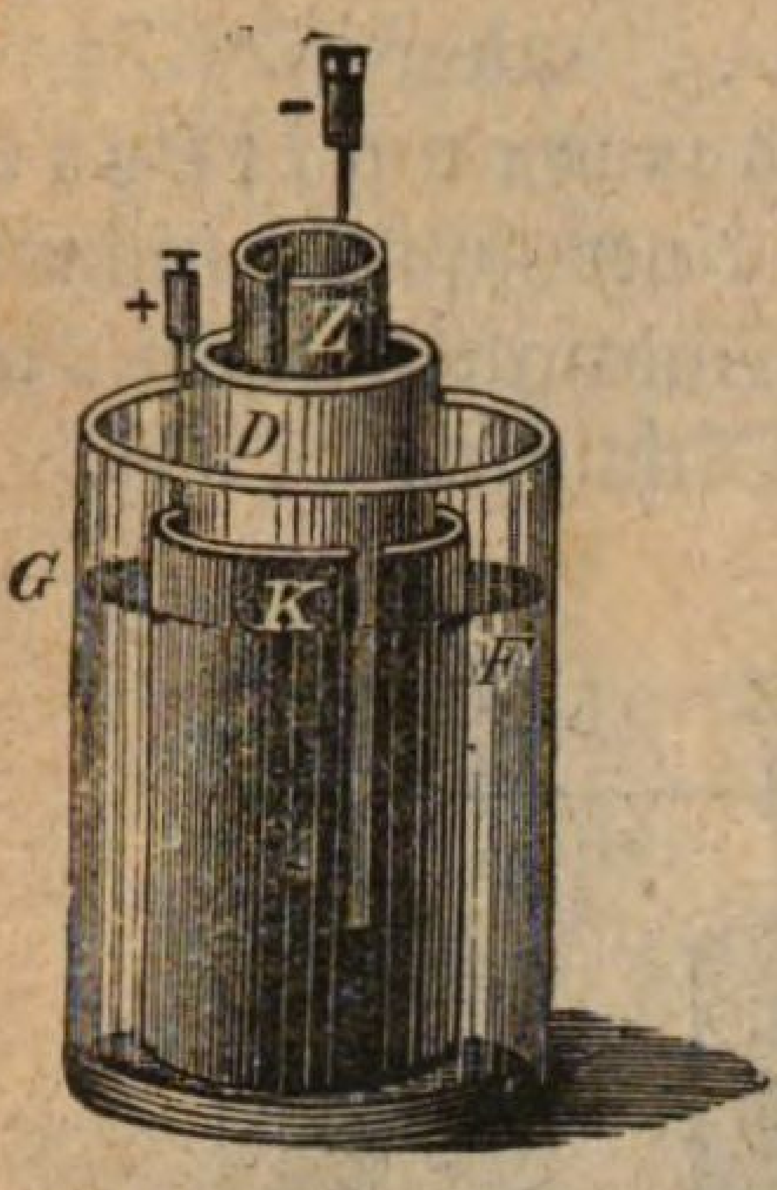
2. Verschiedene Arten von galvanischen Ketten.

482. **Die konstanten Ketten.** Der elektrische Strom der bisher behandelten Volta'schen Ketten nimmt sehr schnell an Stärke ab. Man hat daher nach möglichst constanten Ketten gesucht, d. i. nach Ketten, deren Wirksamkeit durch längere Zeit mit möglichst beständiger Stärke dauern soll. Die bekanntesten der sogenannten constanten Ketten werden in den folgenden Paragraphen angegeben.

483. **Die einfache Daniell'sche Kette.** (Zink-Kupfer-Kette, Fig. 376). Bei derselben steht ein Zinkcylinder Z in einem Diaphragma D, d. i. in einem porösen, cylindrischen Gefäße aus Pfeifenthon, welches mit stark gewässerter Schwefelsäure S entsprechend gefüllt ist.

Das unglasirte Thongeschirr befindet sich in einem Glasgefäße, welches eine gesättigte Kupfervitriollösung F enthält. In diese Lösung endlich ist eine cylindrisch gebogene Kupferscheibe K so eingesenkt, daß sie den Thoncylinder von außen in einem kleinen Abstand umgibt.

Fig. 376.



1. Schema der wesentlichen Bestandtheile dieser Kette: ZSDFK. — Erfunden 1836.

2. Die Schwefelsäure wird so sehr verdünnt, daß etwa zu 1 Liter Schwefelsäure 15 Liter Wasser kommen, und zwar gießt man die Säure zum Wasser, um eine zu große Wärmeentwicklung zu vermeiden.

3. Man hat auch Zink-Kupfer-Ketten, bei welchen die Reihe der Stoffe von innen nach außen umgekehrt geht, nämlich: KFDSZ.

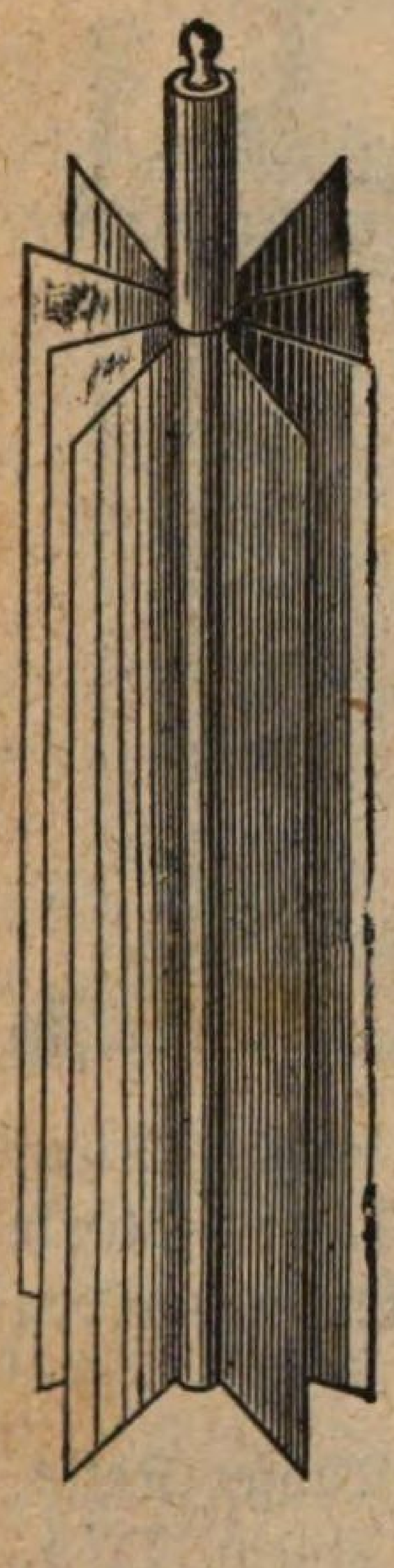
484. **Das Schema einer Daniell'schen Batterie** oder einer offenen, zusammengesetzten Daniell'schen Kette ist:

ZSDFK⌒ZSDFK⌒ZSDFK⌒ZSDFK.......

485. **Die Grove'sche Kette** (Zink-Platin-Kette) besteht aus Zink (Z), gewässerter Schwefelsäure (S), aus der Thonzelle (D), aus concentrirter Salpetersäure (S_1), und Platin (P).

Schema: $ZSDS_1P$. — Batterie? — Erfunden 1839.

Fig. 377.



486. **Die Zink-Eisen-Kette** unterscheidet sich von der Grove'schen Kette nur dadurch, daß man das theure Platin durch das wohlfeile Eisen (E) ersetzt.

Schema: $ZSDS_1E$. — Batterie? — Erfunden 1837.

1. Die Eisen dieser Kette werden so gegossen, daß sie bei der Daraufsicht einen Stern bilden (Fig. 377). Dadurch werden der Säure mehr Berührungsflächen geboten und der galvanische Strom verstärkt. Auch beim Platinelemente sucht man durch Kreuz-, Stern-, S-Formen u. dgl. die Oberfläche zu vergrößern.

2. Gute Thonzellen müssen schon nach einer Minute das Wasser durchsickern lassen, was sich durch Dunklerwerden der durchnäßten Theile verräth.

487. **Die Bunsen'sche Kette** (Zink-Kohlen-Kette) besteht, von außen nach innen, aus Zink (Z), mit Wasser verdünnter Schwefelsäure (S), Diaphragma (D), sehr koncentrirter Salpetersäure (S_1), und einer eigens bereiteten Kohle (C).

Schema: $ZSDS_1C$.

Batterie? — Von Cooper 1839 erfunden und von Bunsen verbessert

488. **Die Smee'sche Kette** (Doppelzink-Platinmohr-Kette Fig. 377) besteht aus einer mit fein zertheiltem Platinmohr überzogenen,

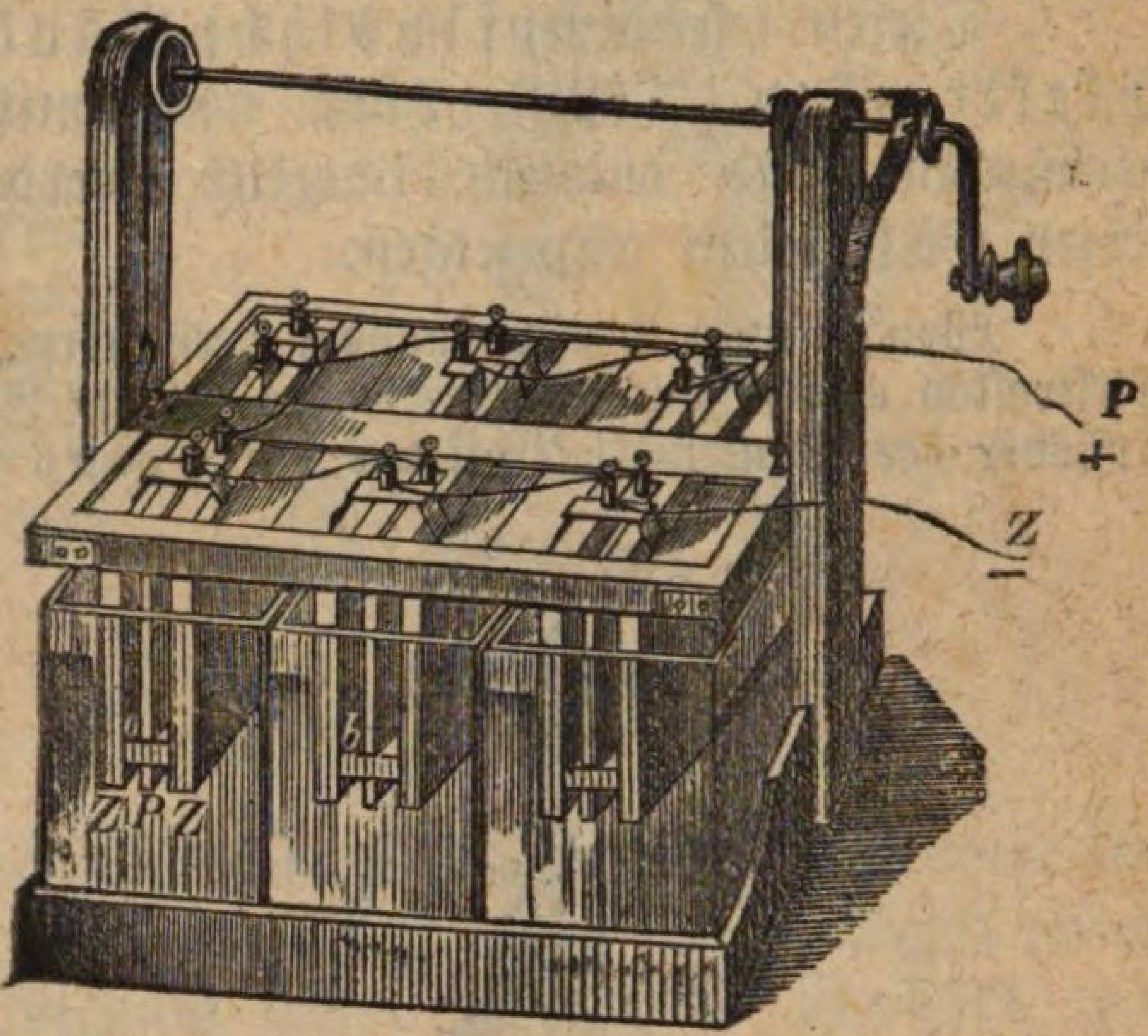
dünnen Silberplatte P, welche zwischen zwei, miteinander verbundenen, starken Zinkplatten Z eingehängt ist. Die hier angewendete Flüssigkeit ist verdünnte Schwefelsäure S.

1. Schema dieser Kette: SZPZS.

2. Fig. 378 zeigt eine Smee'sche Batterie.

3. Bequemlichkeit dieser Kette. — Erfunden 1840. — Bei jeder Art Batterie ist verdünnte Schwefelsäure beim Zink.

Fig. 378.



489. **Die trockene Säule** (Zambonische Kette). Das sogenannte Silberpapier wird hergestellt mit Zinn- und Zinkpulver (Z), das falsche Goldpapier mit Kupferstaub (K), welche man auf den klebrigen Ueberzug des Papiers streut. Legt man zwei Kreisscheiben aus unechtem Silber- und Goldpapier mit den unmetallischen Flächen P gegen einander, so hat man, da die Papiermasse stets mehr oder minder feucht ist, eine einfache, offene Kette ZPK. Schichtet man Tausende solcher Ketten nach dem Schema:

ZPK ZPK ZPK ZPK ZPK ZPK ZPK

und preßt sie auf einander, so zeigt eine solche zusammengesetzte Kette an beiden Polen freie entgegengesetzte Elektricität.

Die elektrische Dichtigkeit der Metallpapier-Batterie nimmt von der Mitte gegen die Pole zu (vergl. §. 481); sie ist jedoch bedeutend geringer, als bei den Metall- oder Kohlen-Ketten mit einer Zwischenflüssigkeit.

Im Gegensatz zu den letzteren heißt die Metallpapier-Batterie trockene Säule. Sie bleibt oft jahrelang elektrisch.

1. Da das Papier sehr gern die Feuchtigkeit der Luft annimmt, so muß die Wirksamkeit einer solchen Säule in Folge dessen veränderlich sein.

2. Um die Luftfeuchtigkeit zu beseitigen, schließt man die Metallpapier-Säule in eine inwendig gefirnißte Glasröhre mit metallischen Kappen luftdicht ein. Letztere sind mit den Enden der Säule durch Metallfedern leitend verbunden; sie stellen mithin die Pole der Säule vor.

3. Erfinder der trockenen Säule Lüdicke 1801 und verbessert von Zamboni 1812.

490. **Das Säulenelektroskop.** Ein in der Mitte zwischen den Polen einer trockenen Säule (Fig. 379) hängendes, unelektrisches Goldblättchen wird von beiden Seiten gleich stark angezogen und bleibt daher in Ruhe.

Theilt man dem Goldblättchen auch nur wenig Elektricität mit, so wird es vom ungleichnamig elektrischen Pole angezo-

gen, und überdieß vom gleichnamig elektrischen Pole abgestoßen.

Das Blättchen bewegt sich daher gegen den ungleichnamig elektrischen Pol; es verräth so, daß es Elektricität besitze und auch, ob diese Elektricität positiv oder negativ sei.

Dieses sehr empfindliche Säulen-Elektroskop (Fechner'sches Elektroskop 1829) kann noch mit einem Condensator (§. 470) verbunden, und dadurch tauglich werden, die geringsten Spuren freier Elektricität anzuzeigen.

Wendet man 2 mit einander verbundene, kleine Säulen (Fig. 380) zum Säulen-Elektroskop an; so hat es die ältere (1819) Form nach Bohnenberg. Eigentlicher Erfinder des Säulen-Elektroskopes: Behrens 1805.

Fig. 379.

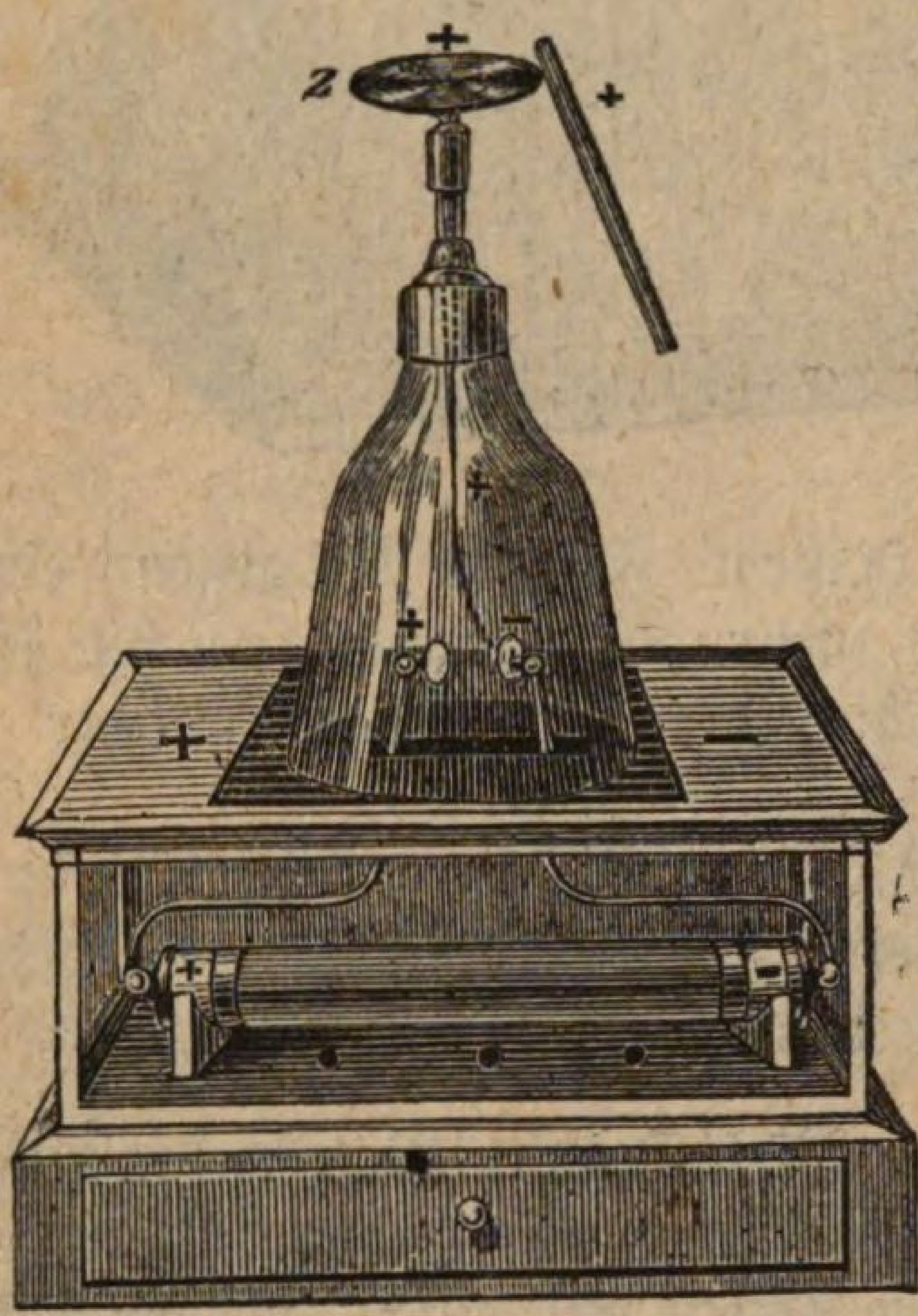
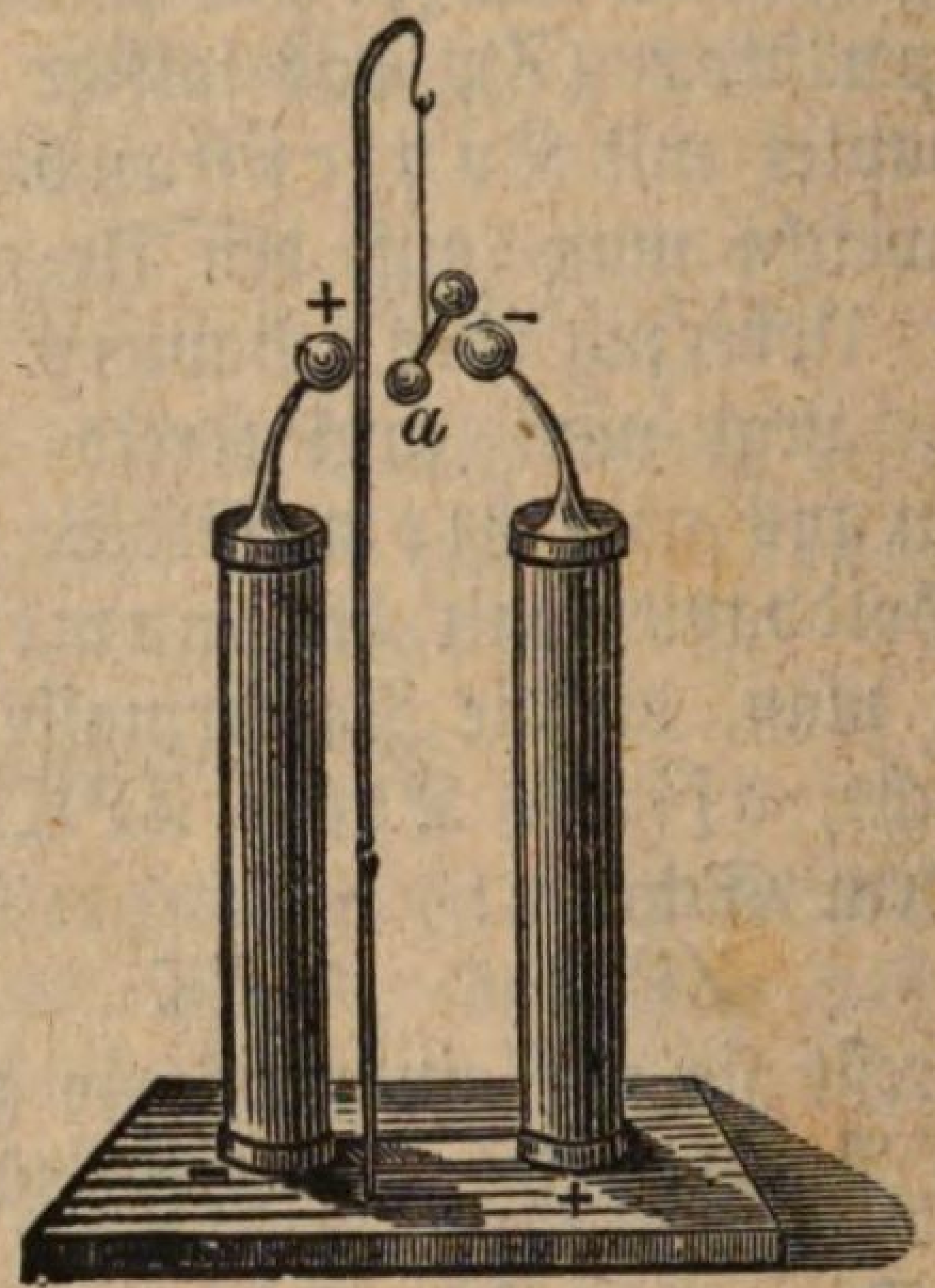


Fig. 380.



491. **Das elektrische Perpetuum-Mobile.** Das Goldblättchen beim Säulen-Elektroskope wird zwischen den nahe gerückten Polen hin- und herschwingen; warum? — Hierauf beruht (Fig. 380) das elektrische Perpetuum-Mobile, bei dem ein leichtes, isolirtes Pendelchen das Goldblättchen vertritt. Das elektrische Perpetuum-Mobile widerspricht den Grundsätzen der Mechanik nicht (Seite 77), selbst wenn es immer in Bewegung bliebe, denn hier ist immer eine neue anregende Kraft, d. i. die Elektricität, wirksam.

Erfinder des elektr. Perpetuum-Mobile Behrens 1805.

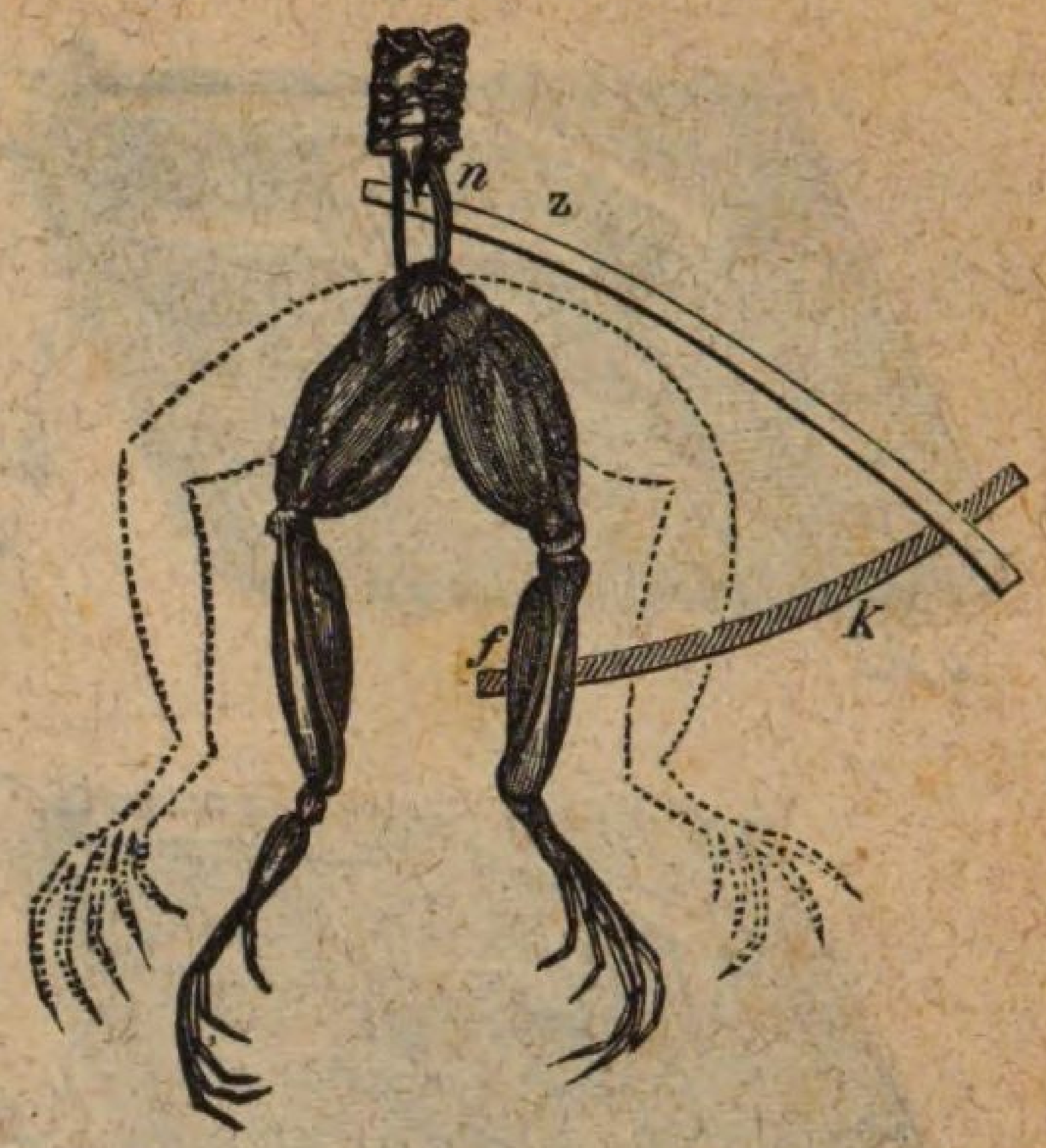
3. Die physiologischen und chemischen Wirkungen des galvanischen Stromes.

492. **Physiologischer Grundversuch.** Fig. 381 zeigt den enthäuteten, hinteren Theil eines eben getödteten Frosches. Läßt man die Schenkelnerven von einem Zinkstreifen z, die Schenkelmuskel

von einem Kupferstreifen k und endlich die beiden Metalle selbst einander berühren, so hat man eine geschlossene einfache Volta'sche Kette, deren Strom die Froschschenkel in Zuckung versetzt.

Galvani 1789.

Fig. 381.



493. **Geschmacksempfindungen** lassen sich hervorrufen, wenn man ein Zinkstück über, ein Kupferstück unter die Zunge legt, und die freien Enden der Metalle mit einander in Berührung bringt.

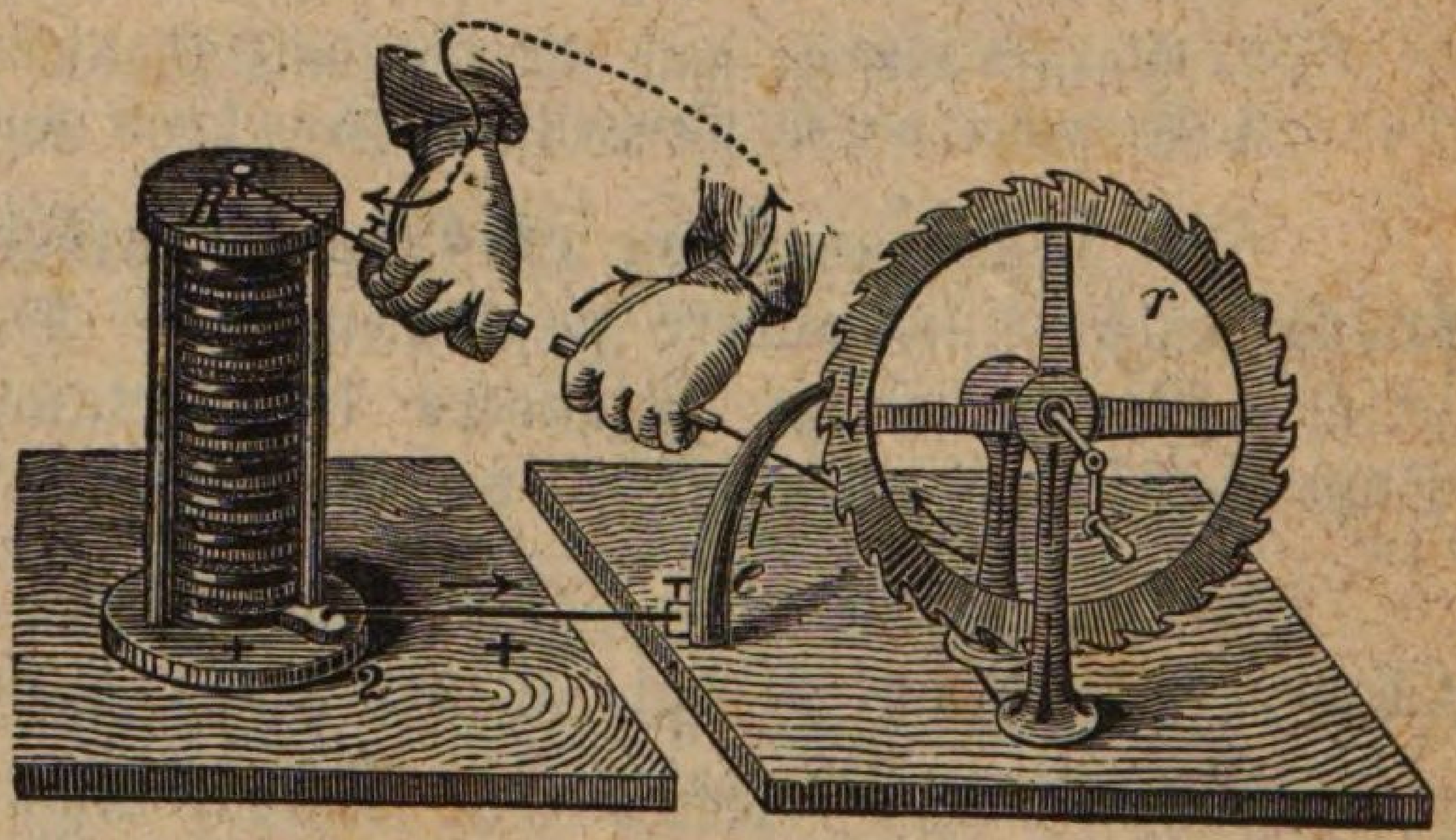
Volta 1795.

494. **Schließungs- und Trennungsschlag.** Befeuchtet man die Finger beider Hände mit Kochsalzwasser oder mit angesäuertem Wasser, so wird dadurch die Oberhaut besser leitend. Berührt man mit den angenäßten Fingern die beiden Pole einer Volta'schen Säule von etwa 50 Plattenpaaren, so empfindet man ein eigenthümliches Zucken in den Armen, welches der Schließungsschlag heißt.

Beim Oeffnen der Kette erhält man den schwächeren Trennungsschlag.

495. **Stromunterbrecher.** Durch eine rasche, trommelnde Bewegung mit nassen Fingern auf den mit Metallcylindern versehenen Polen oder durch einen Stromunterbrecher (Fig. 382) kann man den Strom schnell schließen und öffnen, und daher Erschütterungen im menschlichen Körper hervorbringen.

Fig. 382.

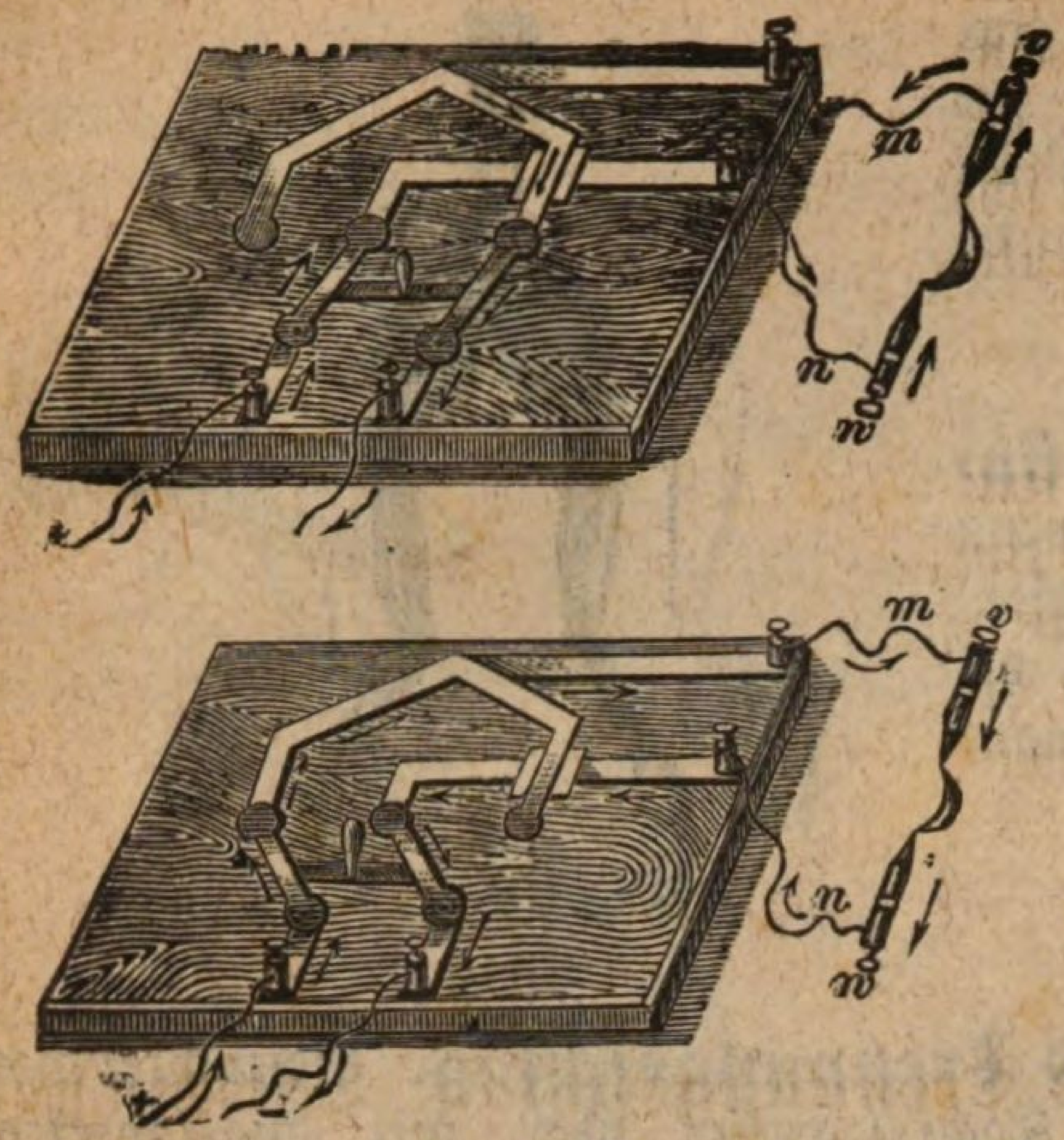


Wie so wird durch das in Figur 382 dargestellte Neef'sche Rad (1835) bei seiner Umdrehung der galvanische Strom abwechselnd unterbrochen und wieder geschlossen? — Erweckung vom Scheintode (1793).

496. **Stromwechsler.** Will man die Richtung des Stromes umkehren, so bedient man sich der Stromwechsler (Commutatoren, Gyrotrope, Fig. 383). Es gibt viele Arten derselben.

1. Daß die Metallstreifen, wo sie über einander zu liegen kommen, von einander isolirt sein müssen, versteht sich von selbst.

Fig. 383.

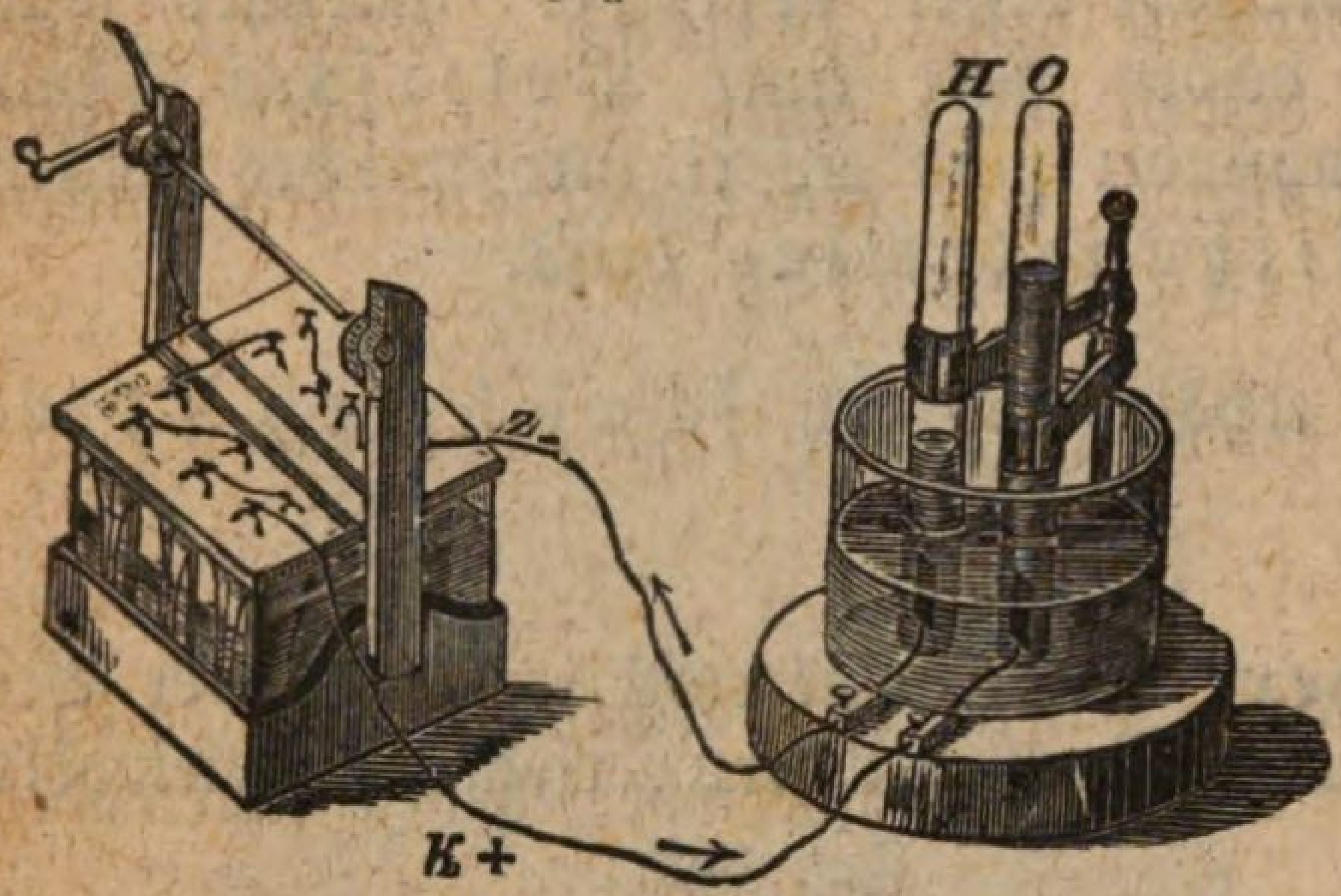


2. Die galvanische Elektricität, weil ihre Dichtigkeit nicht hoch ist, läßt sich durch Halbleiter, wie Holz, Papier u. dgl. isoliren.

3. Der erste, besser construirte Stromwechsler mit Quecksilbervermittlung stammt von Pohl 1828.

497. **Die Wasserzersetzung durch den galvanischen Strom.** Verbindet man die Schließungsdrähte einer kräftigen, zusammengesetzten Kette gut leitend mit zwei Platindrähten, welche (Fig. 384) in ein Gefäß mit Wasser gehen, so steigen an beiden Drähten Gasblasen auf. Sammelt man diese in zwei mit Wasser gefüllten, graduirten Glasglöckchen, so erhält man am positiven Pole Sauerstoff, am negativen Pole doppelt so viel Wasserstoff, dem Volumen nach.

Fig. 384.



1. Durch etwas Säure oder Kochsalz wird das Wasser besser leitend. Man kann dann auch mit wenigen Plattenpaaren das Wasser zersetzen. — Probe ob O oder H?

2. Warum versieht man die Pole mit Platin? — Verhütung der Oxydation.

3. Entdecker der Wasserzerlegung Carlisle und Nicholson 1800.

498. **Noch andere elektrochemische Zerlegungen (Elektrolysen).** Auch andere zusammengesetzte Stoffe werden durch den elektrischen Strom zerlegt, besonders die Metalloxyde. Dabei erscheint der Sauerstoff immer am positiven, das Metall stets am negativen Pole.

Ist ein Metall mit Chlor, Jod, Brom etc. verbunden, so tritt das Chlor, Jod, Brom u. dgl. an den positiven Pol.

Bei einem sich zersetzenden Salz kommt die Säure an den positiven, die Basis an den negativen Pol. Erstere ist also negativ, letztere positiv elektrisch.

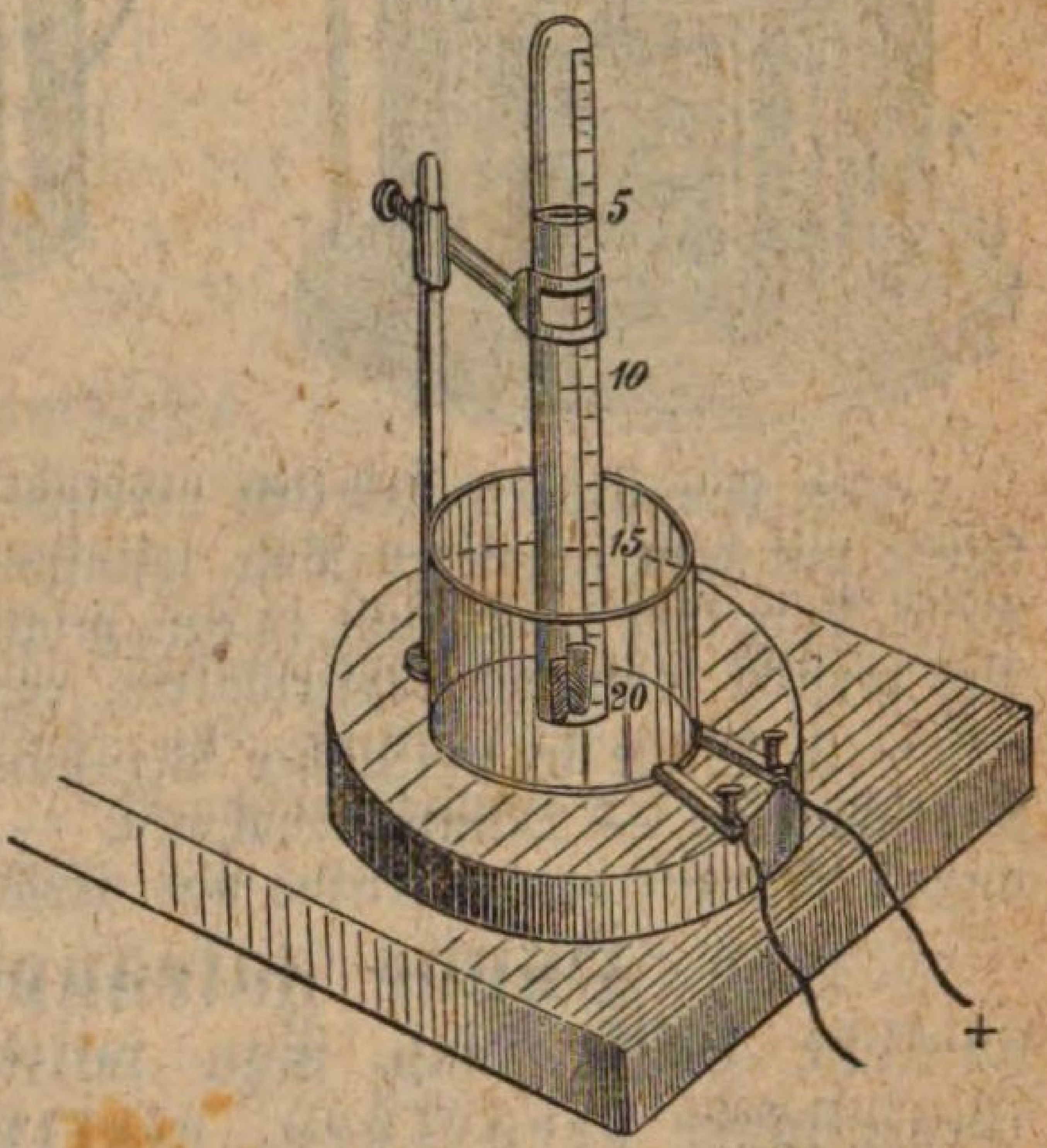
Damit ein Körper durch den elektrischen Strom zerlegt werde, muß er ein guter Elektricitätsleiter sein. Dies wird er meistens erst dadurch, daß man ihn, durch Schmelzen oder Auflösen, tropfbar flüssig macht.

Die physiologischen und chemischen Wirkungen des galvanischen Stromes steigern sich mehr mit der Menge als mit der Größe der Batterieplatten.

Davy zerlegte auf galvanischem Wege die Alkalien 1807. — Entdecker der elektrolytischen Gesetze: Faraday 1832.

499. **Voltameter.** Ein elektrischer Strom, der 2=, 3=, 4=, 5=....nmal stärker als ein anderer ist, zersetzt auch in einer bestimmten Zeit, z. B. in 10 Minuten 2=, 3=, 4=, 5=....nmal mehr Wasser als dieser. Hierauf beruht das Voltameter (von Faraday 1835; Fig. 385), mit einem gemeinschaftlichen, graduirten Auffanggefäße für die Gase.

Fig. 385.



500. **Nochmals die constanten Ketten.** In einer jeden geschlossenen Kette geht der elektrische Strom auch durch die Flüssigkeiten der Kette selbst, und bewirkt hier ebenfalls chemische Zersetzungen. Die Produkte dieser Zersetzung haben eine Schwächung des Stromes zur Folge. Bei den constanten Ketten werden diese nachtheiligen Einflüsse der Zersetzungsproducte durch die porösen Thoncylinder, bei der Smee'schen Batterie aber durch das Platinmohr vermieden. Und daher die längere Dauer nnd gleichmäßigere Wirkung des Stromes!

Verzehrung des Zinkes. — Amalgamirung desselben.

501. **Die Galvanoplastik.** Bei der geschlossenen Daniell'schen Kette wird, durch die chemischen Vorgänge in derselben, aus dem Kupfervitriol chemisch reines Kupfer ausgeschieden. Dieses setzt sich auf beiden Seiten der Kupferplatte, also am negativen Pole (Kathode) der Kette an. Ist die gebrauchte Schwefelsäure sehr verdünnt, mithin der Strom nur schwach, so wird hierdurch auf jeder Seite der Platte eine neue Platte von festem, zusammenhängendem Gefüge erzeugt.

Die Kupferplatte kann man von der ursprünglichen Platte ablösen. Hat die Musterplatte irgend ein geprägtes Wort, eine erhaben gestochene Zeichnung enthalten, so findet man dieselben auf das getreueste bis zum feinsten Striche auf der abgenommenen Platte wieder — aber mit vertieften Strichen (negativer Abdruck).

Ersetzt man die ursprüngliche Platte im obigen Apparate durch diese neue, so erhält man nach einiger Zeit wieder eine Platte, bei der das Wort, die Zeichnung etc. erhaben erscheint, und die genau jener auf der allerersten Platte gleich ist (positive Copie).

Hierauf beruht die Galvanoplastik d. i. die Kunst vermittels des galvanischen Stromes am negativen Pole Gegenstände in Metall vollkommen nachzubilden. — Entdecker Jacobi 1837.

1. In Fig. 386 ist ein kleiner galvanoplastischer Apparat abgebildet. Er ist im Wesentlichen ein Daniell'sches Element. Man hat von innen nach außen Z, S, D, F, K.

Fig. 386.

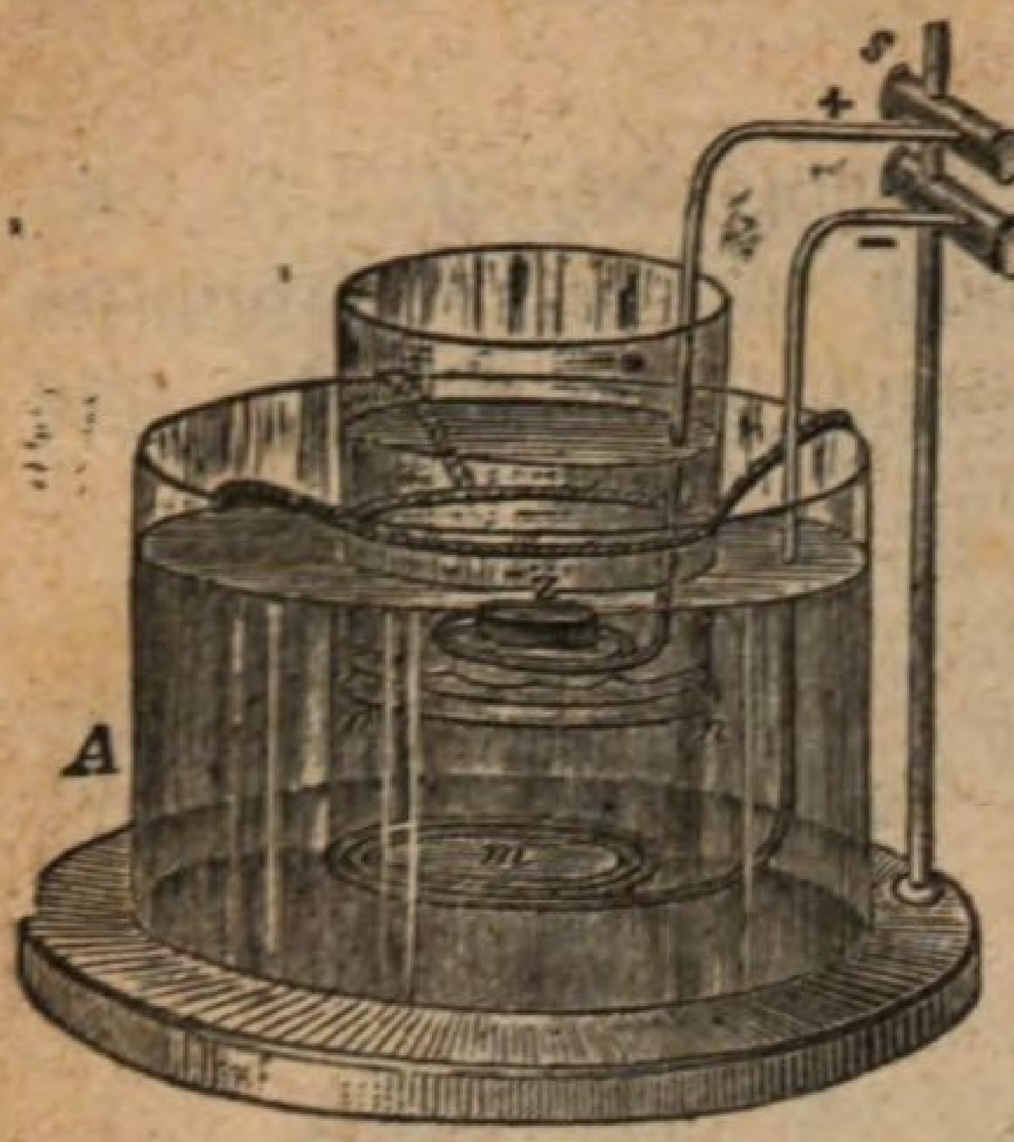
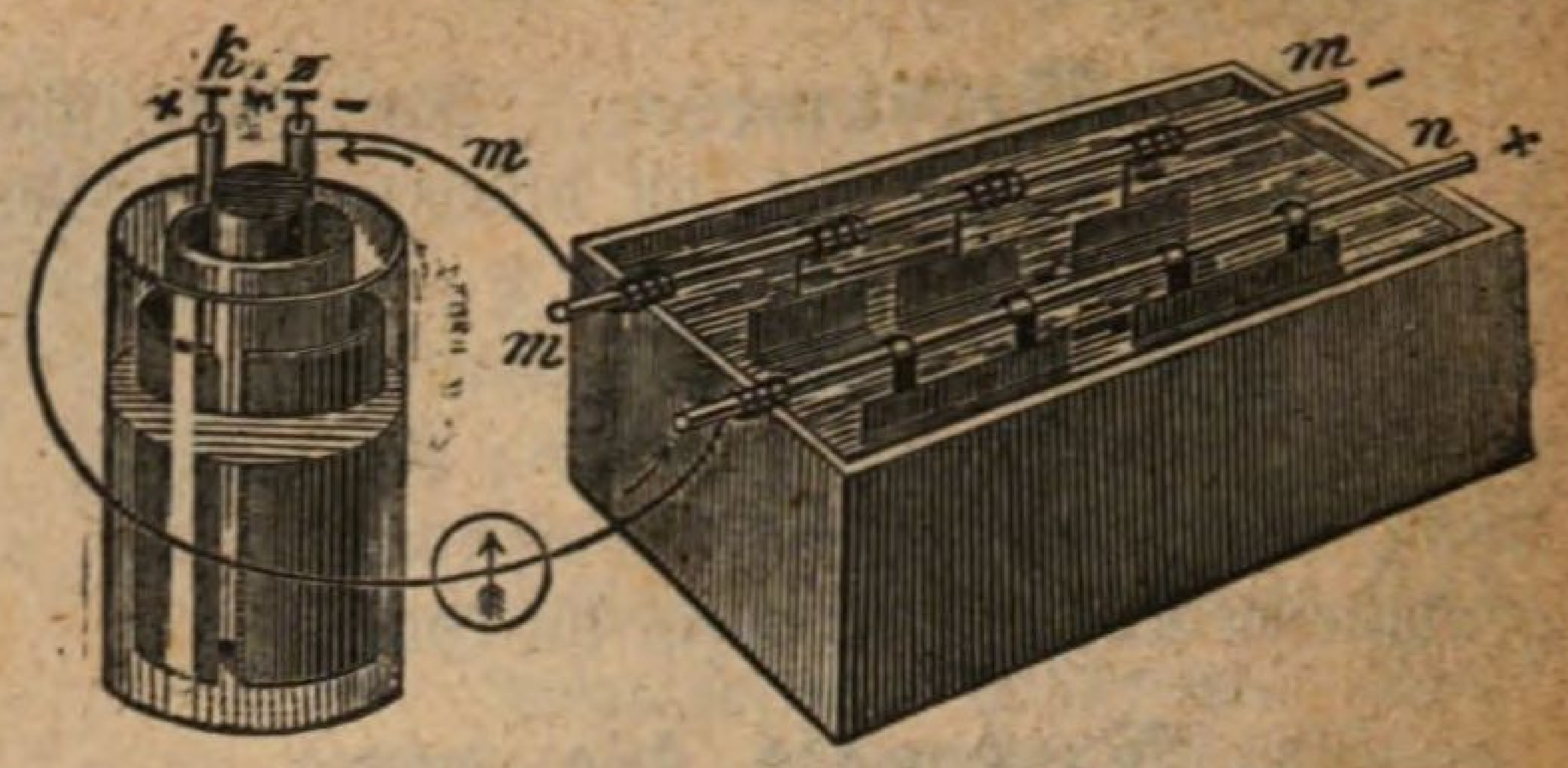


Fig. 387.



2. Für größere Arbeiten verbindet man (Fig. 387) die zu überziehenden Gegenstände mit dem negativen Pole (Zinkpole) eines oder mehrerer galvanischer Elemente. Beide Pole läßt man dann in eine gesättigte Kupfervitriollösung tauchen. Den positiven Pol versieht man mit Kupferplatten, von welchen sich die Kupfervitriollösung nachsättigt.

3. Winke in praktischer Beziehung. — Matrizen aus Gyps, Stearin, Paraffin, Kautschuck 2c. — Münzenabnahmen. — Briefbeschwerer mit galvanoplastisch abgenommenen Münzen 2c. — Kleine und große Statuen galvanisch nachgebildet.

502. **Dünne galvanoplastische Metallüberzüge.** Auf ähnliche Weise kann man mittels geeigneter Auflösungen („Bäder") Gegenstände vergolden, versilbern, verplatiniren, verzinnen, verzinken, verbleien, bronciren, sogar ätzen und mit Farben überziehen.

Bei Anwendung eines außenstehenden Elementes (Fig. 387) verbindet man, behufs der Nachsättigung der Gold- oder Silberauflösung, den positiven Pol mit Gold, Silber u. s. w.

4. Wärme- und Lichtwirkung der galvanischen Ketten.

503. **Die Wärmewirkungen.** Verbindet man die Schließungsdrähte einer Volta'schen Kette durch einen dünnen Eisen- oder Platindraht, so wird er bald roth- oder weißglühend und schmilzt ab.

1. Einen je längeren und dickeren Eisen- oder Platindraht eine galvanische Kette zum Glühen bringt, desto kräftiger ist sie.

2. Galvanisch erglühende Platindrähte, in Glasballone eingeschlossen, hat Grove (1845) zur Beleuchtung der Bergwerke vorgeschlagen. Die Entzündung der schlagenden Wetter wäre dadurch vermieden.

3. Platindrähte, welche galvanisch zum Glühen gebracht werden, dienen, um alle Straßenlampen der Gasbeleuchtung gleichzeitig zu entzünden. — Klinkerfues Gaszünder 1872.

4. Galvanisch erglühende Platindrähte werden auch zum Wegschneiden von Auswüchsen angewendet. Dabei ist die Blutung vermieden.

5. Die galvanischen Schmelzversuche wurden zuerst im Großen gezeigt von Childern 1815.

504. **Galvanische Sprengschüsse.** Vermittels einer mit Schießpulver gefüllten Patrone, in der ein dünner Eisendraht durch Schließung einer entfernten Batterie in's Glühen gebracht wird, kann man ohne Gefahr Sprengschüsse entzünden. Ist die Patrone wasserdicht, so kann man auch unter Wasser sprengen. — Roberts 1837.

Man kann Thüren so einrichten, daß sie beim Oeffnen eine Batterie schließen und dadurch einen Schuß lösen. — Derartige Sicherheitskassen.

505. **Galvanischer Funke.** Sowohl beim Schließen als beim Oeffnen einer einfachen Kette bemerkt man einen kleinen Funken. Derselbe erscheint glänzender, wenn beide Schließungsdrähte an den Punkten, wo sie sich berühren, rein *metallisch* oder *amalgamirt* sind. Im letzteren Falle verbrennt das Quecksilber.

Weil der Funke die sich berührenden Stellen der Metallpole verbrennt und oxydirt, so nimmt man für die Berührungspunkte der verschiedenen Stromwechsler und Schließer *Platinplättchen*, indem diese dauerhafter sind, d. h. schwieriger oxydiren. Für die seltener gebrauchten Schulapparate kann man beliebige Metalle als Polpunkte verwenden. — Galvanischer Funke entdeckt von *Nicholson* 1800.

506. **Das galvanische Kohlenlicht.** Leitet man (Fig. 388) die Entladung einer vielelementigen und großplattigen galvanischen Batterie, z. B. einer *Zink-Eisen*-Batterie, durch *Kohlenspitzen*, so erscheint, wenn sich die letzteren *nahe* stehen, ein hell leuchtender Stern. Entfernt man die Spitzen nach und nach von einander, so bildet sich ein *Lichtbogen von blendendem Glanze* — das elektrische *Solarlicht*. Dieses besteht aus glühenden Kohlentheilchen, die von einem Pole zum anderen, besonders vom *positiven* zum *negativen*, übergeführt werden.

Fig. 388.

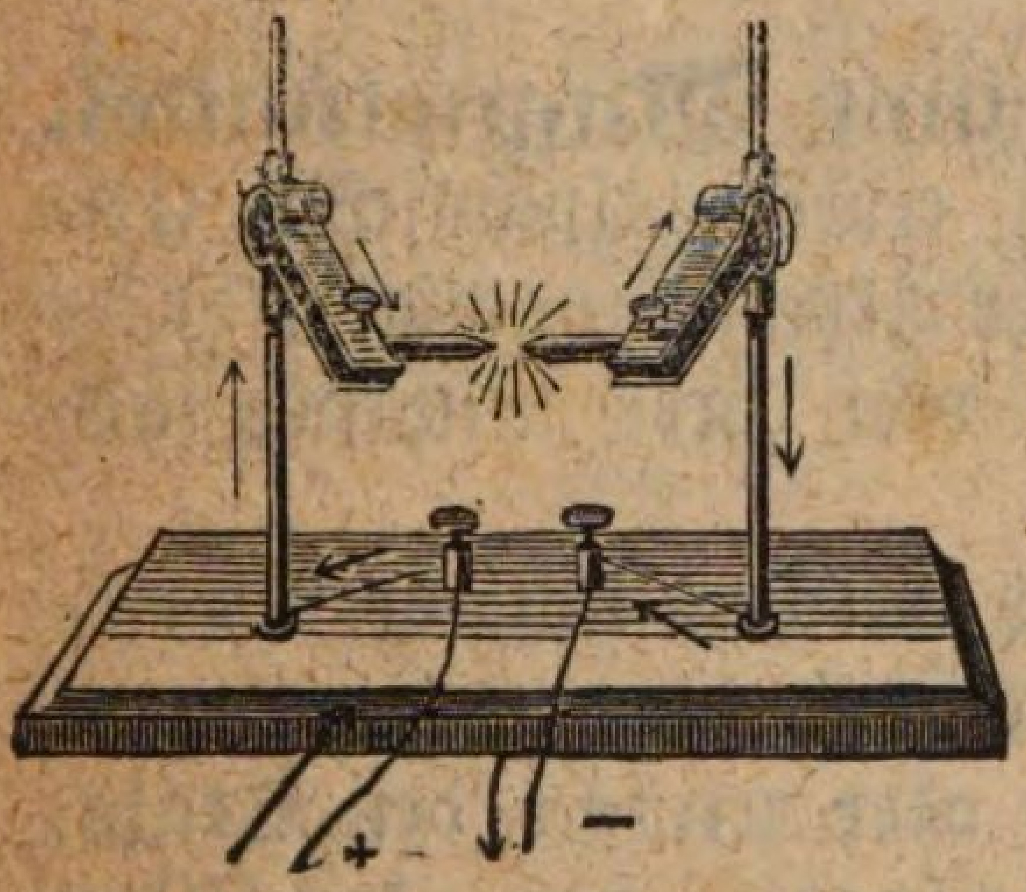


Fig. 389.

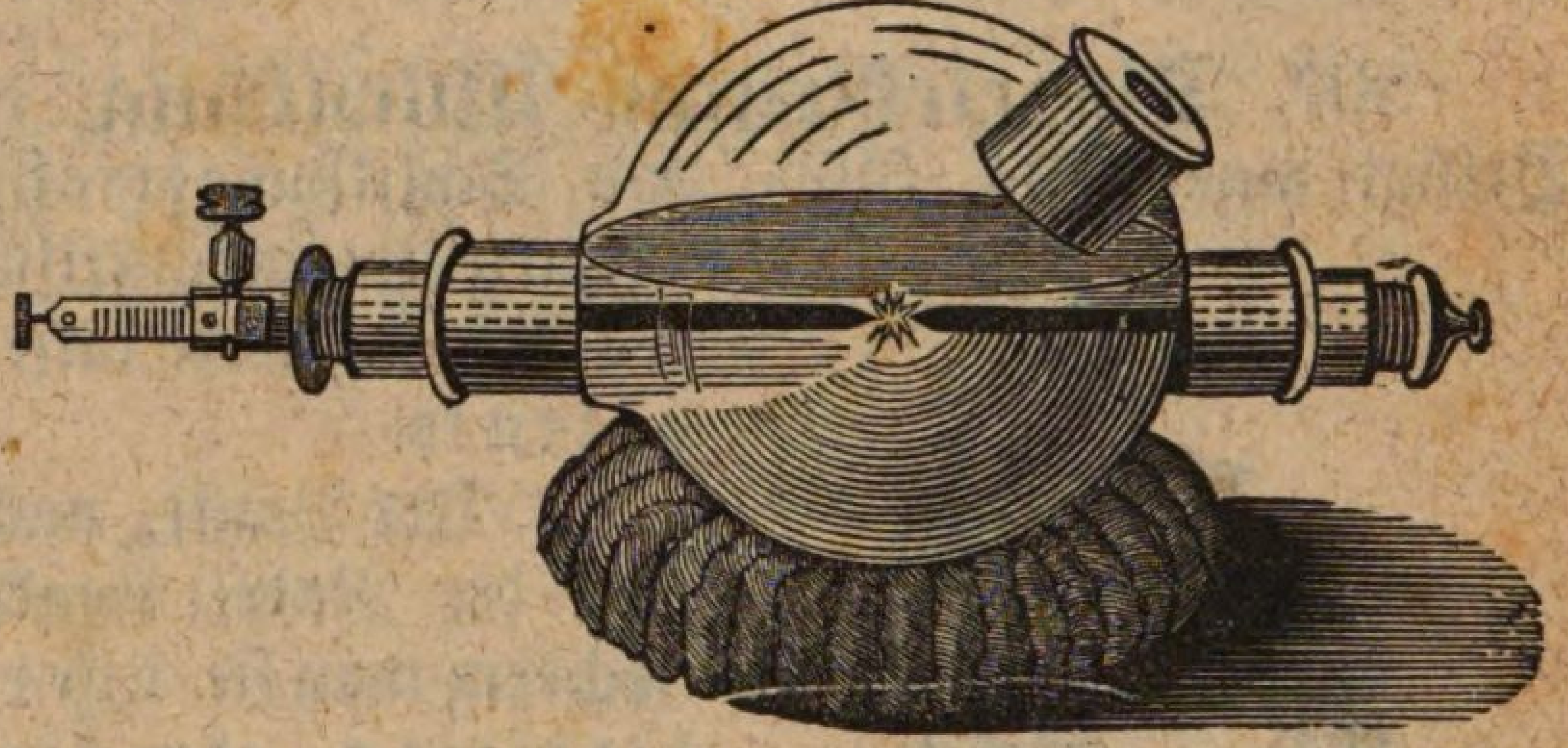


Fig. 390.

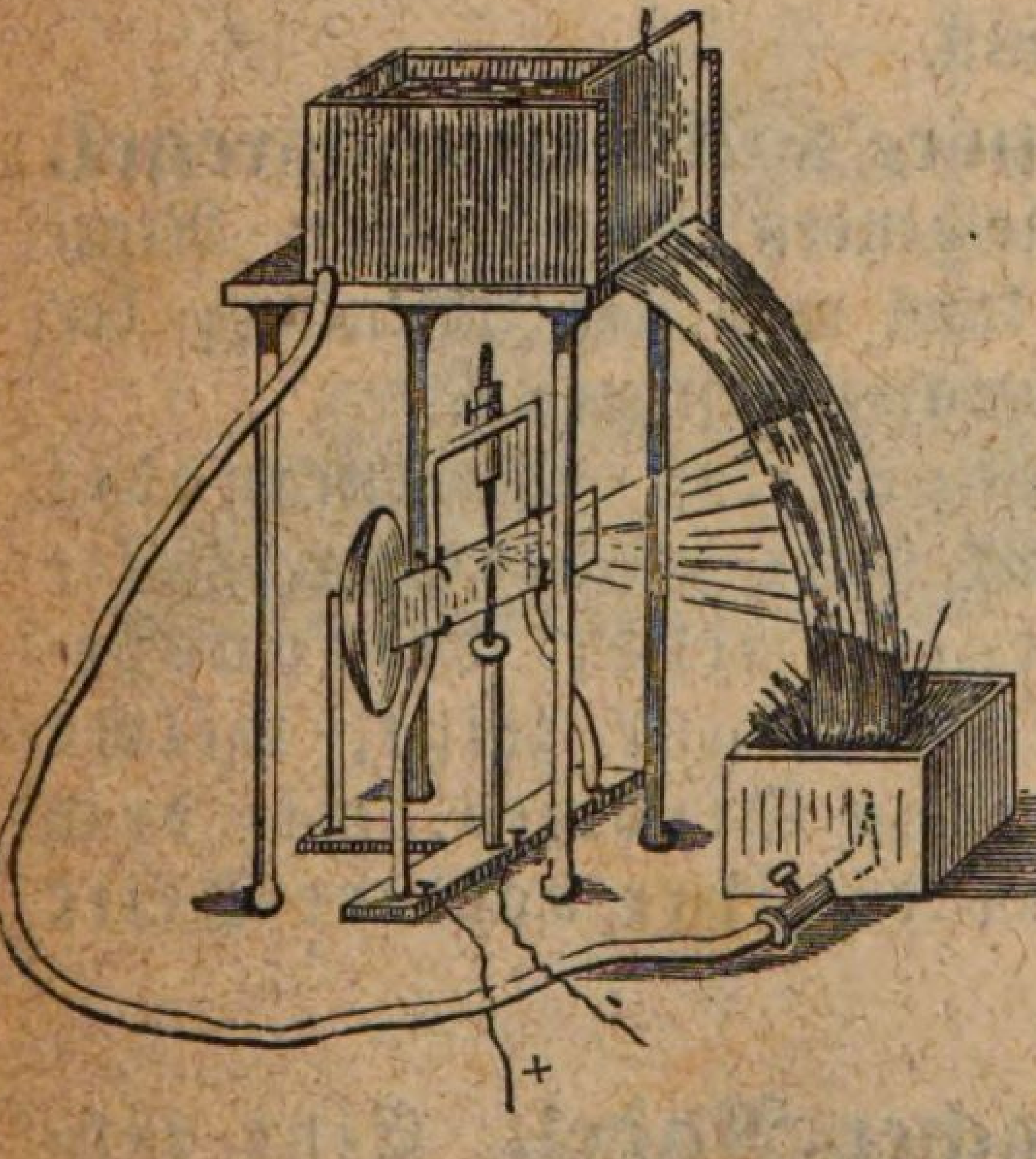
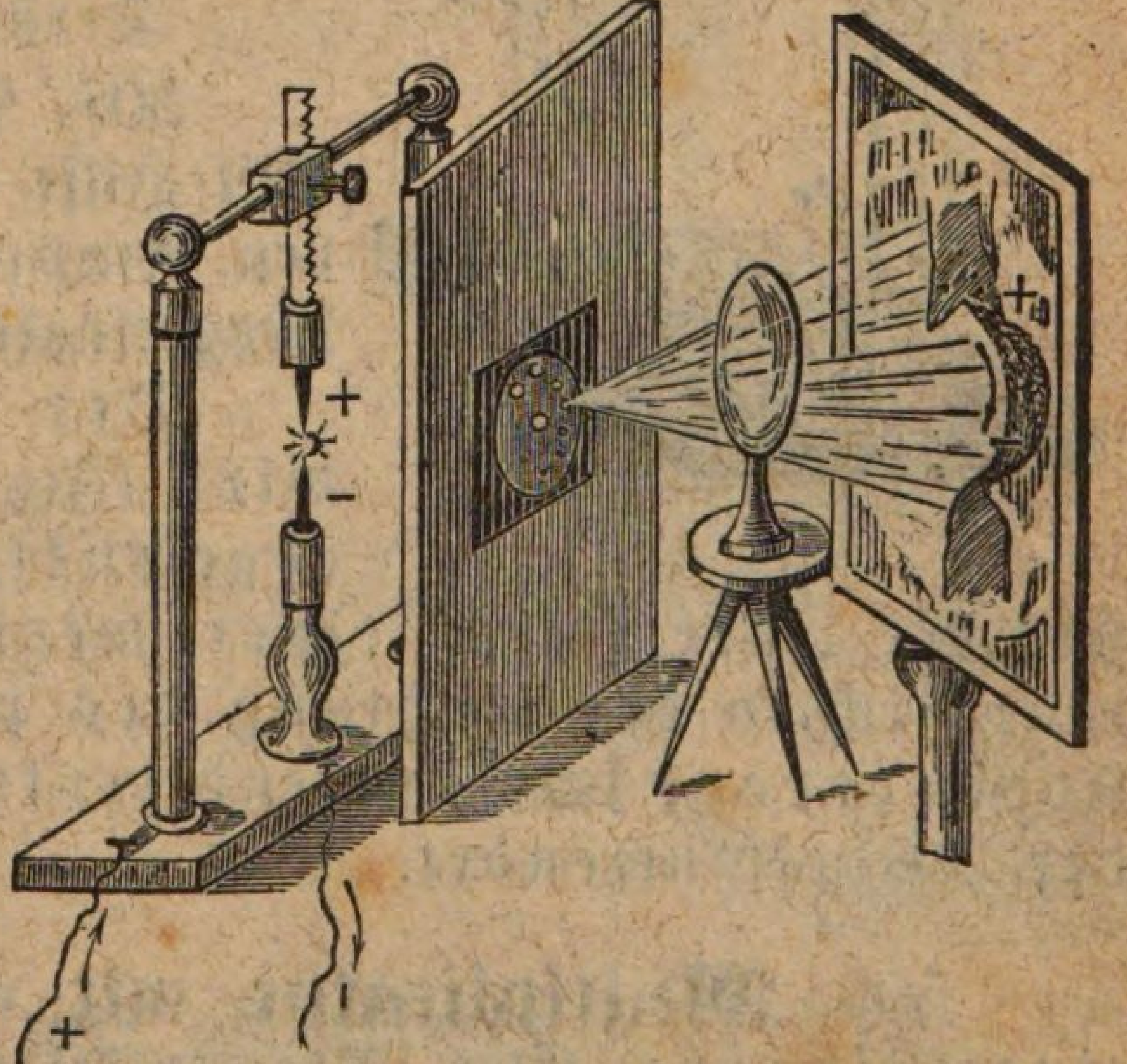


Fig. 391.



Die *Licht-* und *Wärme*wirkungen steigern sich mehr mit der *Größe* als mit der Zahl der Platten.

1. In dem galvanischen Kohlenlichtbogen werden Gold, Silber und selbst Platin schon nach einigen Sekunden geschmolzen und verflüchtigt. — Elektrische Beleuchtung. — Galv. Kohlenlicht entdeckt von Davy 1821 mit einer Batterie von 2000 Elementen.

2. In der verdünnten Luft eines Glasballones erscheint das Solarlicht noch glänzender und der Bogen noch viel länger.

3. Man hat verschiedene Lichtregulatoren, bei welchen der beste Abstand beider Kohlenspitzen durch die eigene Thätigkeit des Apparates (durch Elektromagnete §. 511 und Gegengewicht) geregelt wird. Ein Hohlspiegel, in dessen Brennpunkt man das el. Licht bringt, macht die Strahlen parallel. Vorgeschobene farbige, z. B. rothe grüne, blaue Gläser, bringen einen schönen Effekt für Theaterzwecke, z. B. zur Beleuchtung von Gruppen, Springbrunnen u. dgl., hervor.

4. Mittels einer Sammellinse (siehe Optik) kann man den Verbrennungsvorgang (Fig. 391) Vielen deutlich machen (projiciren).

5. In Fig. 389 sieht man das el. Licht im Wasser und Fig. 390 zeigt, wie man einen Wasserstrahl elektrisch beleuchtet. Auch hier machen vorgeschobene farbige Gläser eine gute Wirkung.

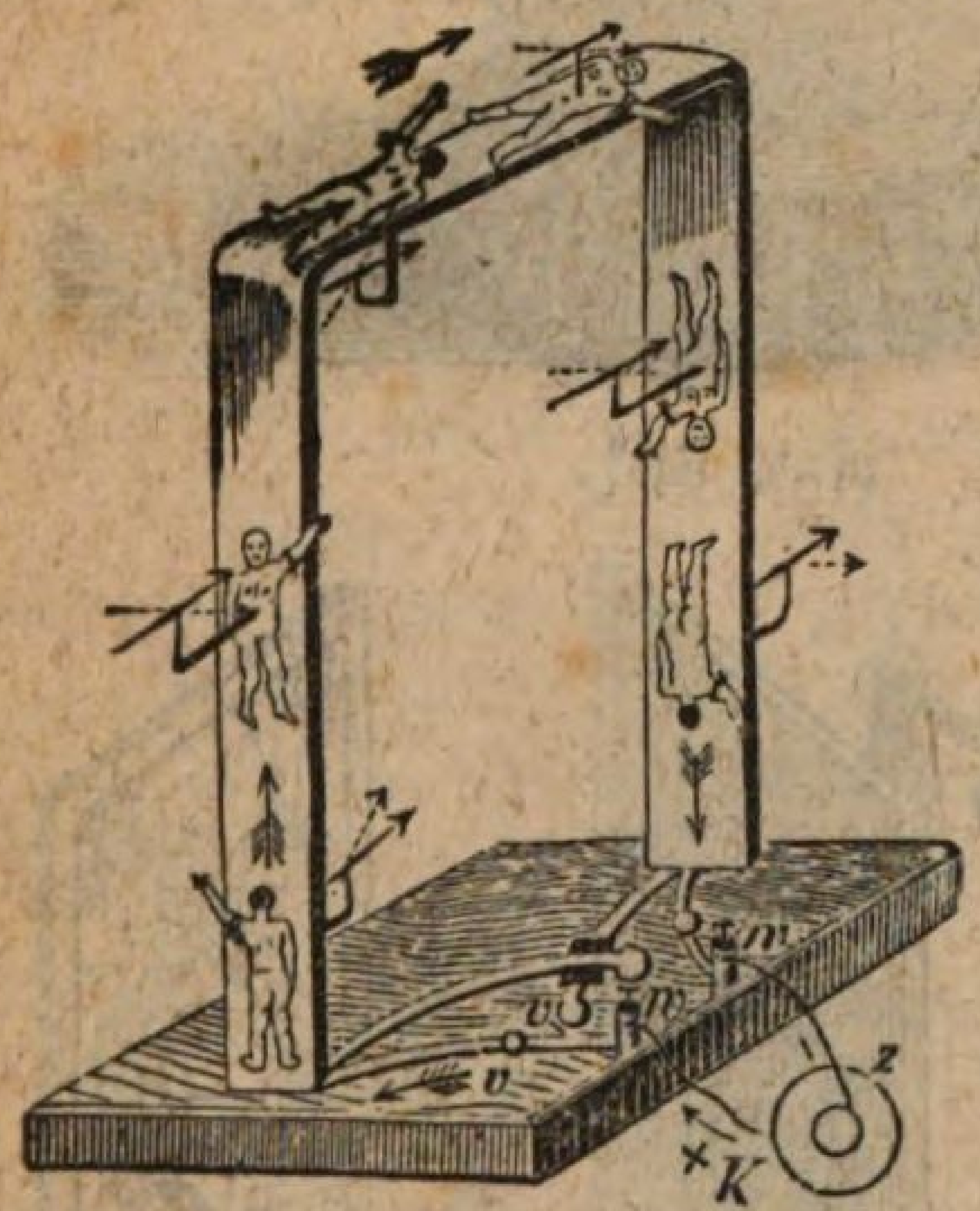
6. Zink-Eisen-Batterien sind für die Erzeugung des elektr. Lichtes am billigsten. Die Wirkung wird erhöht, wenn die Batterie von außen abgekühlt wird, wenn man sie z. B. in kaltes Wasser stellt oder mit Eis umgibt.

5. Magnetische Wirkungen der Ketten.

a) Auf bewegliche Magnetnadeln.

507. **Die elektrische Ablenkung einer Magnetnadel.** Bringt man (Fig. 392) dem Schließungsdraht eines galvanischen Elementes eine magnetische Abweichungsnadel sehr nahe, so wird diese von ihrer Richtung abgelenkt.

Fig. 392.



Der Punkt, nach welchem sich der Nordpol der Nadel wendet, ist ein anderer, je nachdem man sie über oder unter den Draht, diesseits oder jenseits von demselben hängt.

Oersted 1819.

508. **Ampère's Ableitungsregel.** Mit Hilfe der folgenden bildlichen Regel von Ampère kann man die Ablenkung der Magnetnadel voraus bestimmen.

Der Nordpol der Magnetnadel wird (Fig. 392) stets nach jener Seite abgelenkt, gegen welche die ausgestreckte linke Hand einer menschlichen Figur zeigt, welche man sich in der Richtung des positiven Stromes, mit dem Kopfe voran, schwimmend denkt, und die ihre vordere Seite der Nadel zuwendet.

509. **Multiplicator mit einfacher Nadel.** Eine einzige Windung. Eine Magnetnadel (Fig. 393), um welche in geringem Abstande ein Stromleiter geführt ist, kann dazu dienen, sowohl das Dasein als auch die Richtung elektrischer Ströme anzuzeigen. Wenn man

nämlich durch den die Magnetnadel umgebenden Metallstreifen einen elektr. Strom leitet, so wird (§. 508) die Nadel stets in *demselben* Sinne abgelenkt, also die Aeußerung des Stromes *verstärkt*.

Mehrere Windungen. Ebenso verhält es sich (Fig. 394) mit mehreren Windungen um die Nadel. Die Wirkungen aller Windungen unterstützen sich also. Man kann innerhalb eines isolirten Drahtgewindes (Fig. 394) eine Magnetnadel durch einen *schwachen* Strom in Bewegung bringen, die bei einer *einfachen* Vorüberführung desselben *ruhig geblieben* wäre.

Fig. 393.

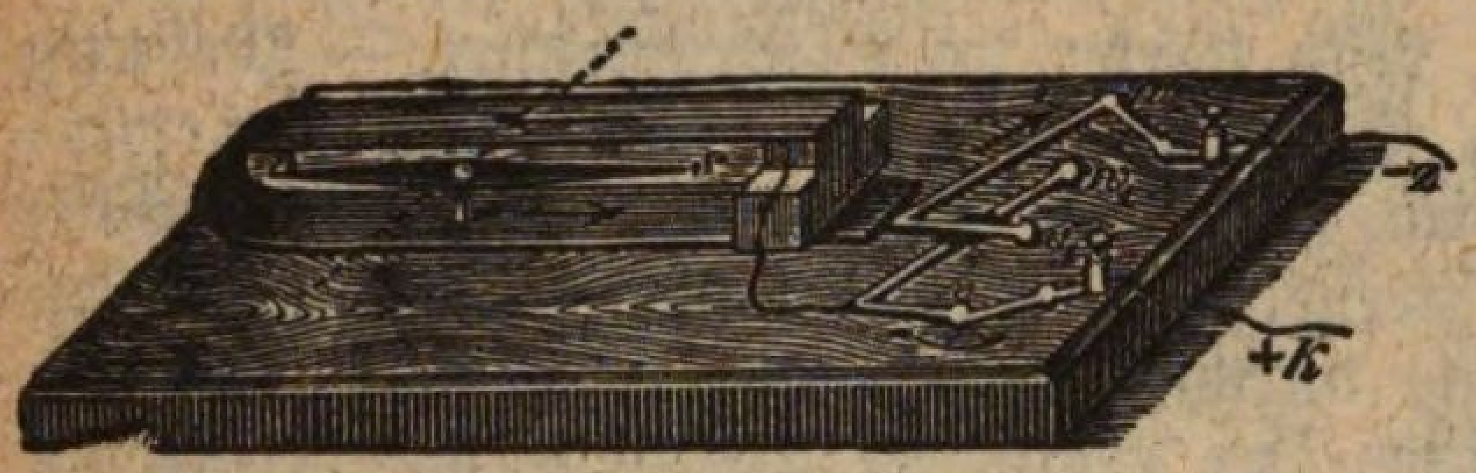
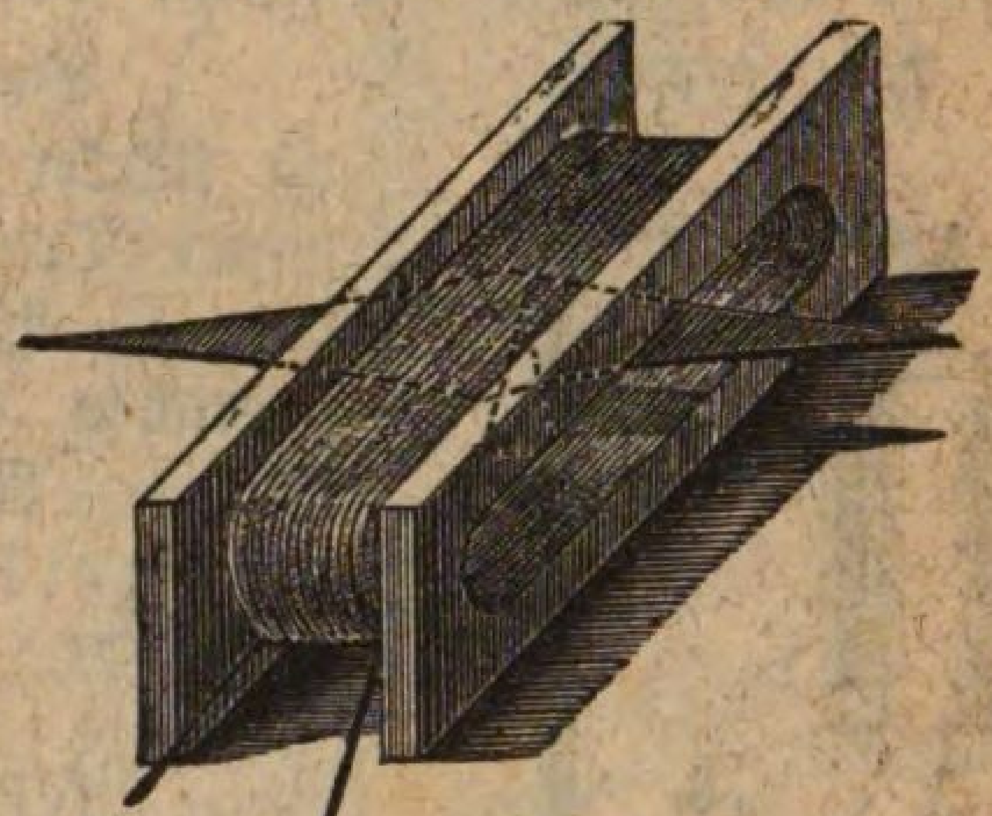


Fig. 394.



Ein derartiges Instrument (Fig. 394), welches das *Dasein*, die *Richtung und Stärke* eines elektrischen Stromes anzuzeigen im Stande ist, heißt *Multiplicator* oder *Nadel-Galvanometer*.

Der Multiplicator wurde erfunden von *Schweigger* 1820.

Die Aufstellung eines Multiplicators geschieht so, daß *die Drahtwindungen der Magnetnadel parallel laufen.*

Fig. 395.

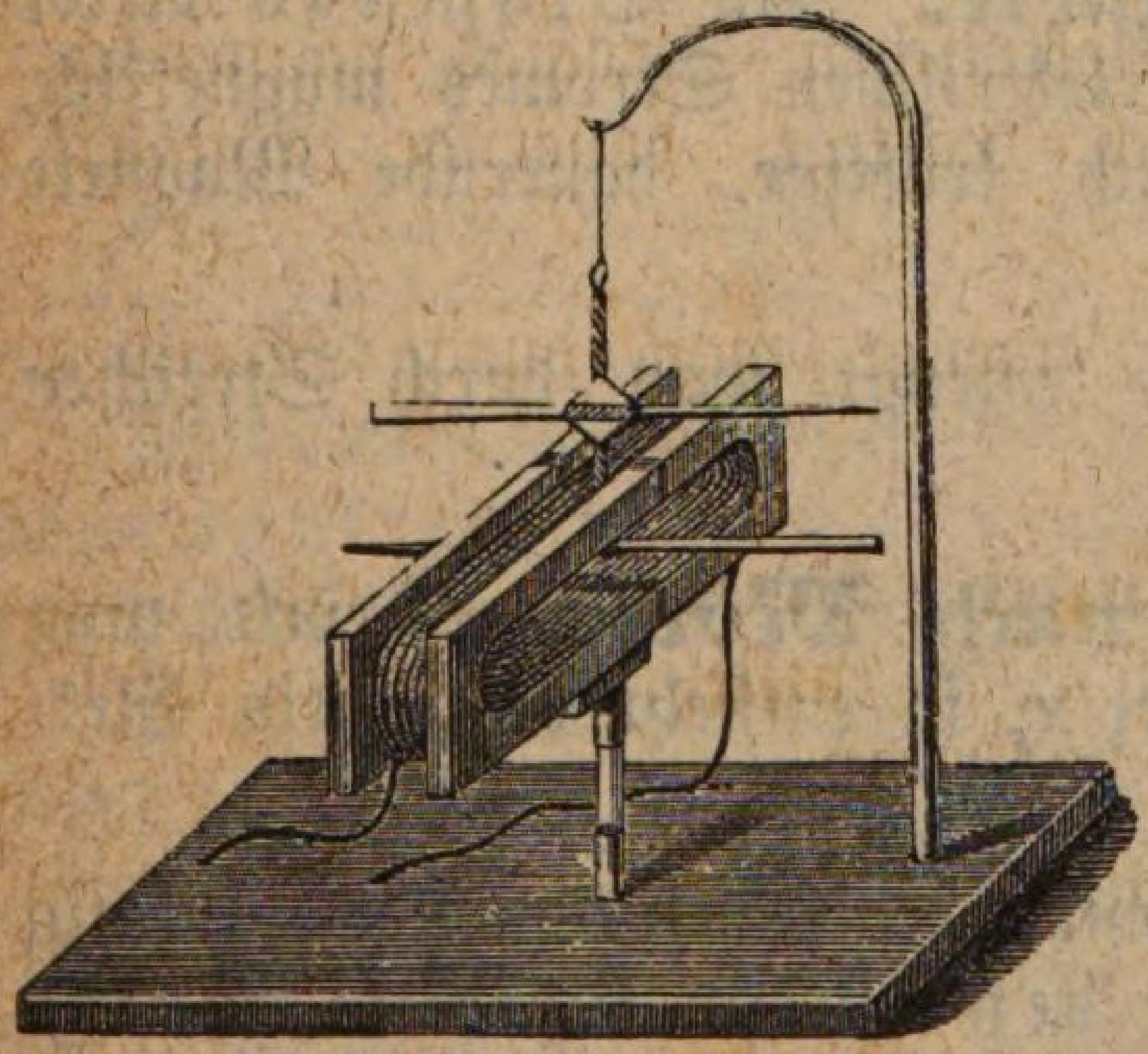
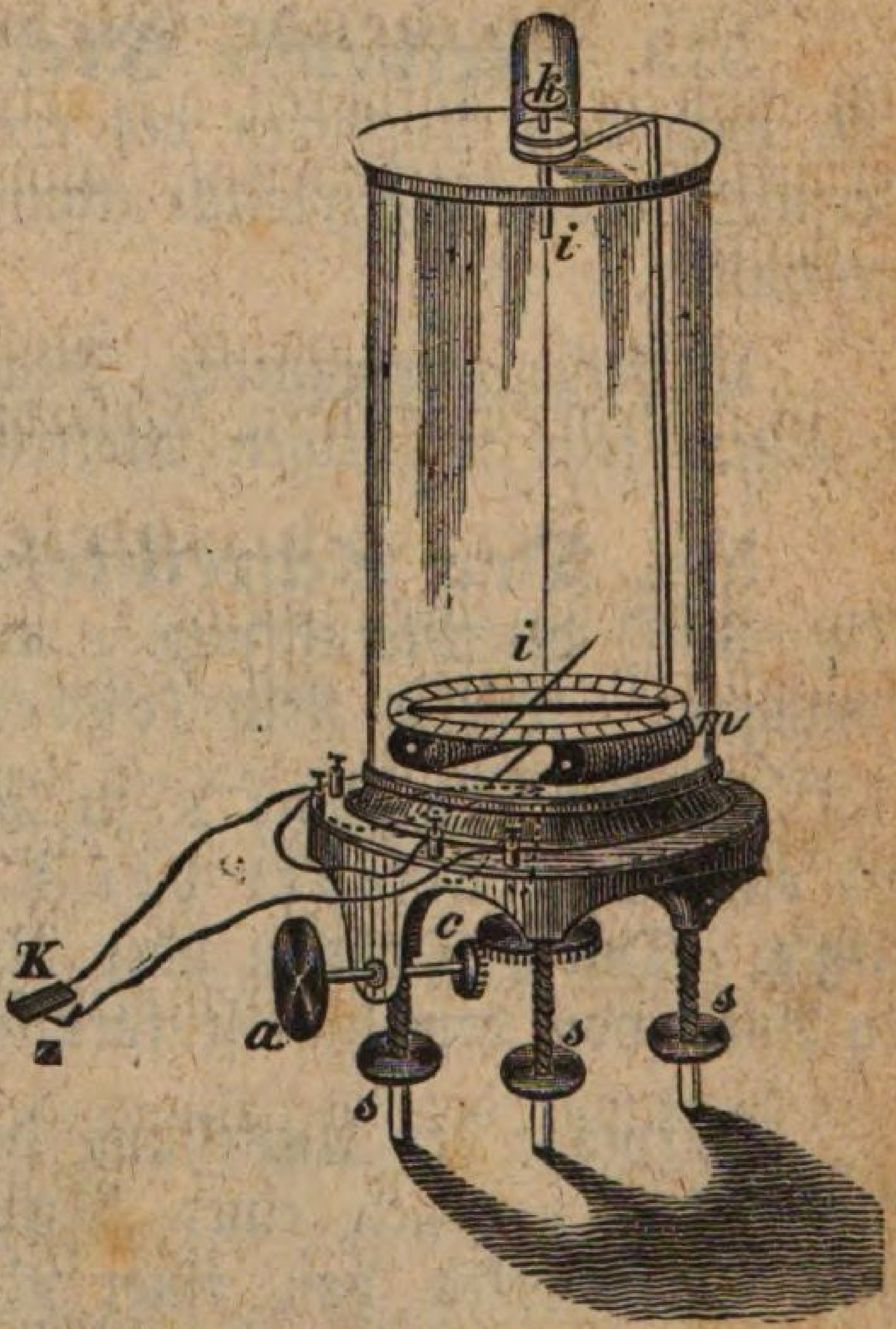


Fig. 396.



510. **Multiplicatoren mit astatischer Nadel** (Fig. 395) sind noch *empfindlicher*; denn beide Nadeln werden (§. 508) von dem el. Strom in *gleichem* Sinne abgelenkt.

Multiplicator mit astatischer Nadel. Nobili 1826. — Hier kann man das Princip des Nadel-Telegraphen (Gauß und Weber 1823) geben.

b) Wirkungen des galvanischen Stromes auf weiches Eisen (Elektromagnetismus.)

511. **Elektromagnet.** Es sei ein Stab aus weichem Eisen (Fig. 397) quer zu seiner Längenrichtung mit isolirten, d. i. seidenumsponnenen Kupferdrähten umwunden. Leitet man durch diese Drahtwindungen einen galvanischen Strom, so wird das Eisen augenblicklich in einen kräftigen Magnet verwandelt, welcher Elektromagnet heißt.

Fig. 397.



Bestimmungen der Pole nach dem Ampère'schen Bilde. — Je stärker der Strom, desto stärker der Elektromagnet. — Messung seiner Tragkraft durch Gewichte. — Holzspulen mit Drahtgewinden. — Weiches Eisen. — Nach neueren Entdeckungen (1869) brauchen die magnetisirenden Drahtwindungen nicht isolirt zu sein. — Ein galvanisch durchströmter Draht zieht Eisenfeile an (Arago 1820). — Ampère erfand (1820) das magnetisirende Gewinde.

512. **Zurückbleibender Magnetismus.** Ein Elektromagnet hört auf, magnetisch zu sein, sobald man den Strom unterbricht. Ein armirter Eisenstab hingegen behält einen Theil seines Magnetismus, bis der Anker entfernt wird.

Dieser von Watkins, 1833 entdeckte remanente Magnetismus ist bei Anfertigung elektromagnetischer Apparate zu beachten. Man muß den Anker durch Belegung der Pole mit Messing, Papier 2c. von dem unmittelbaren Berühren der Pole abhalten.

513. **Bleibende Elektromagnete.** Ein Stahlstab bleibt auch nach dem Aufhören des erregenden, elektrischen Stromes magnetisch. Vermittels der Elektricität kann man sich kräftige, dauernde Magnete verschaffen.

Kräftige permanente Stahlmagnete erzeugt man durch Streichen an einem sehr mächtigen Elektromagnet.

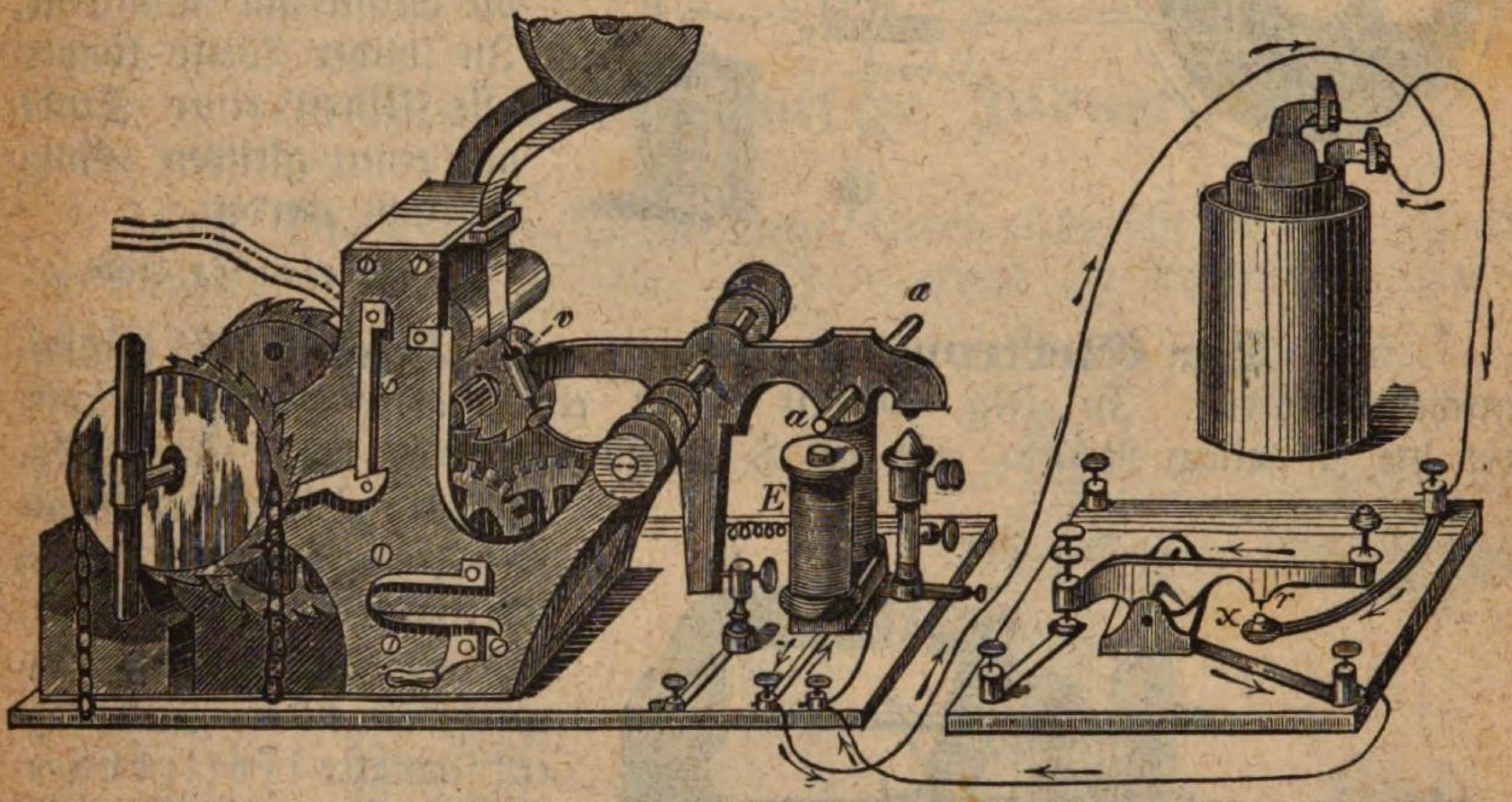
514. **Der Schreibtelegraph nach Morse.** Drückt man (Fig. 398) die Metallspitze r auf jene bei x, so entsteht bei E ein Elektromagnet. Dieser zieht sogleich einen Anker an.

Sobald r aufhört x zu berühren, wird der Elektromagnet unthätig und eine Spiralfeder bei E bewegt den Anker in seine vorige Lage. Durch Drücken oder Nachlassen der Handhabe r kann man also den Anker von dem hufeisenförmigen Eisenstabe E an- oder abziehen lassen.

Vermöge der Anziehung des Ankers wird die stumpfe Spitze eines Stahlstiftes v gegen einen Papierstreifen gedrückt, der vermittels eines Triebwerkes von einer Rolle abgewickelt wird. Bleibt die Kette geschlossen, so muß auf dem vorwärts gezogenen Papierstreifen ein Strich entstehen. Hätte man aber den Strom nur für einen Augenblick hergestellt, so wäre auf dem Papiere nur ein Punkt zu Stande gekom-

men. Dies gilt auch dann noch, wenn eine hinreichend starke Batterie und der mit rx bezeichnete Theil des Apparates, d. i. der „*Schlüssel*“ in *Brünn*, der andere Theil, d. i. der „*Schreibapparat*“ in Wien stünde, beide jedoch durch isolirte Kupfer-, Eisen- oder Zinkdrähte verbunden wären.

Fig. 398.



Jemand in Brünn könnte dann auf dem Papierstreifen in Wien beliebige *Punkte* und *Striche* schreiben, woraus sich ein Alphabet zusammensetzen läßt.

a .— ä.—.— b —... c —.—. d —.. e . f ..—.g ——. h .... i..
j.——— k —.— l.—.. m—— n —. o ——— ö ————. p.——. q ——.—
r.—. s... t — u..— ü..—— v...— w.—— x —..— y —.—— z ——..
ch ————

1.———— 2..——— 3...—— 4....— 5..... 6 —.... 7——...
8———..9————. 0—————

Mit einem solchen Alphabet und deratigen Zifferzeichen kann man — *telegraphiren*, d. i. *Nachrichten sehr entfernten Orten mit ungewöhnlicher Geschwindigkeit geben.*

1. Die am öftesten vorkommenden Buchstaben haben die wenigsten Elemente; warum? Nach welchem Gesetz sind die telegraphischen Zifferzeichen gebaut?

2. Um die *unregelmäßige* Biegung des Hufeisens beim Telegraphen und bei ähnlichen Apparaten zu vermeiden, bedient man sich zweier gerader, eiserner Stäbe, welche durch einen eisernen Streifen unten verbunden sind.

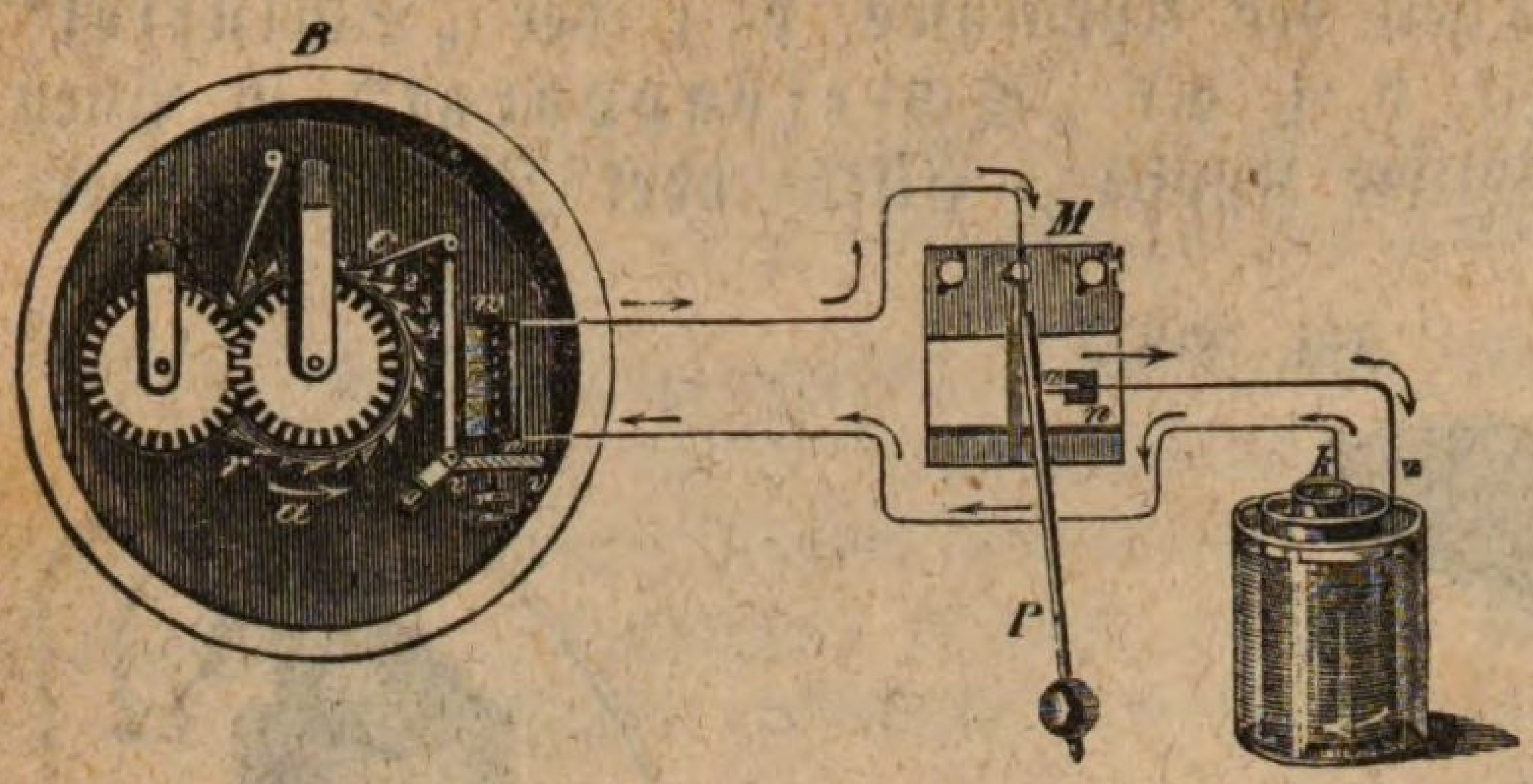
3. Wäre der Anker (Fig. 398) der äußere Klöppel einer Glocke, so könnte man in die Ferne Glockenschläge geben.

4. Die geheimnißvolle Glocke, die gehorsame Trommel u. dgl. m. der Taschenspieler, mit versteckter Zu- und Ableitung, gehören hierher. — Der Elektromagnetismus wird überhaupt zu sehr vielen Taschenspieler-Apparaten angewendet.

5. *Morse's* Telegraph wurde 1844 in Nordamerika im Großen eingeführt.

515. **Zeittelegraphen.** Läßt man (Fig. 399) die Batterie durch das schwingende Pendel einer Musteruhr M schließen und öffnen, so

Fig. 399.

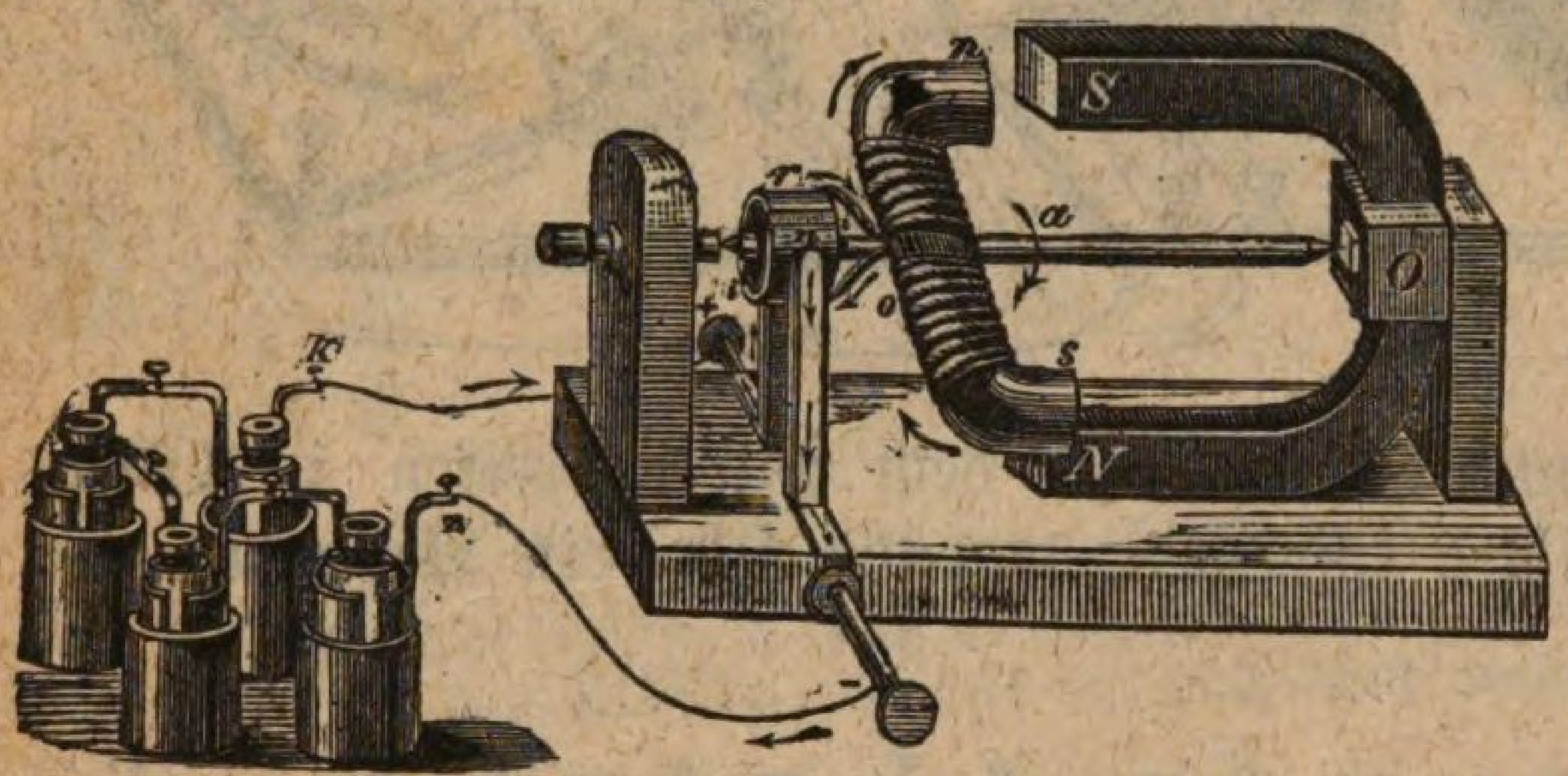


geräth in einer zweiten Uhr B ein Anker v in eine regelmäßige Bewegung, die sich dem Werk B mittheilt, welches dann die Zeit ebenso genau wie die Musteruhr M anzeigt. In solcher Weise können alle Uhren einer Stadt auf einen gleichen Gang gebracht werden.

Steinheil 1839.

516. **Der Elektromagnetismus als Triebkraft** (galvanische Motoren). In Fig. 400 ist NOS ein starker Hufeisenmagnet, der bei N seinen Nord- und bei S seinen Südpol hat. Der Holz-Cylinder r ist an der krummen Fläche mit zwei halben Messingreifen so belegt, daß nur an zwei entgegengesetzt liegenden Stellen je ein schmaler isolirender Holzstreif frei bleibt. An dem einen der Halbreifen liegt federnd der positive, an dem anderen der negative Pol einer galvanischen Kette. Ist letztere in Thätigkeit, so wird der Eisenkern nos ein Elektromagnet.

Fig. 400.



Unter den hier angenommenen Umständen hat er bei s seinen Süd- und bei n seinen Nordpol. In Folge dessen entsteht zwischen N und s und S und n eine Anziehung und der leicht bewegliche Elektromagnet nos geräth in eine Drehung, deren Richtung durch den Krummpfeil a bei der Axe angedeutet ist.

In dem Augenblicke, in welchem s an N vorüberkömmt, schleifen die federnden Pole über die isolirenden Stellen hin — es entsteht in den Windungen eine Umkehrung des Stromes, mithin im Elektromagnet nos ein Polwechsel. Nun wird s von N und n von S abgestoßen, folglich die Drehung in gleicher Richtung fortgesetzt — bis s bei S und n bei N vorbeikommt. Jetzt tritt abermals ein Strom- und Polwechsel ein und es verhält sich alles wie zu Anfang. So dauert die Drehung des Elektromagnetes in der nämlichen Richtung fort und kann bei einer kräftigen Batterie weiter verpflanzt werden.

Man hat auch elektromagnetische Maschinen, bei welchen durch einen Elektromagnet eine hin- und hergehende Bewegung eines Ankers bewirkt wird, welche durch Zwischenmaschinen in eine drehende Bewegung verwandelt wird.

1. Bisher ist der Betrieb derartiger Maschinen im Großen, wegen des Zinkverbrauches in der thätigen Batterie, zu kostspielig. Zur Drehung kleiner Schwungräder bei Drehbänken könnten derartige Maschinen mit Nutzen verwendet werden.

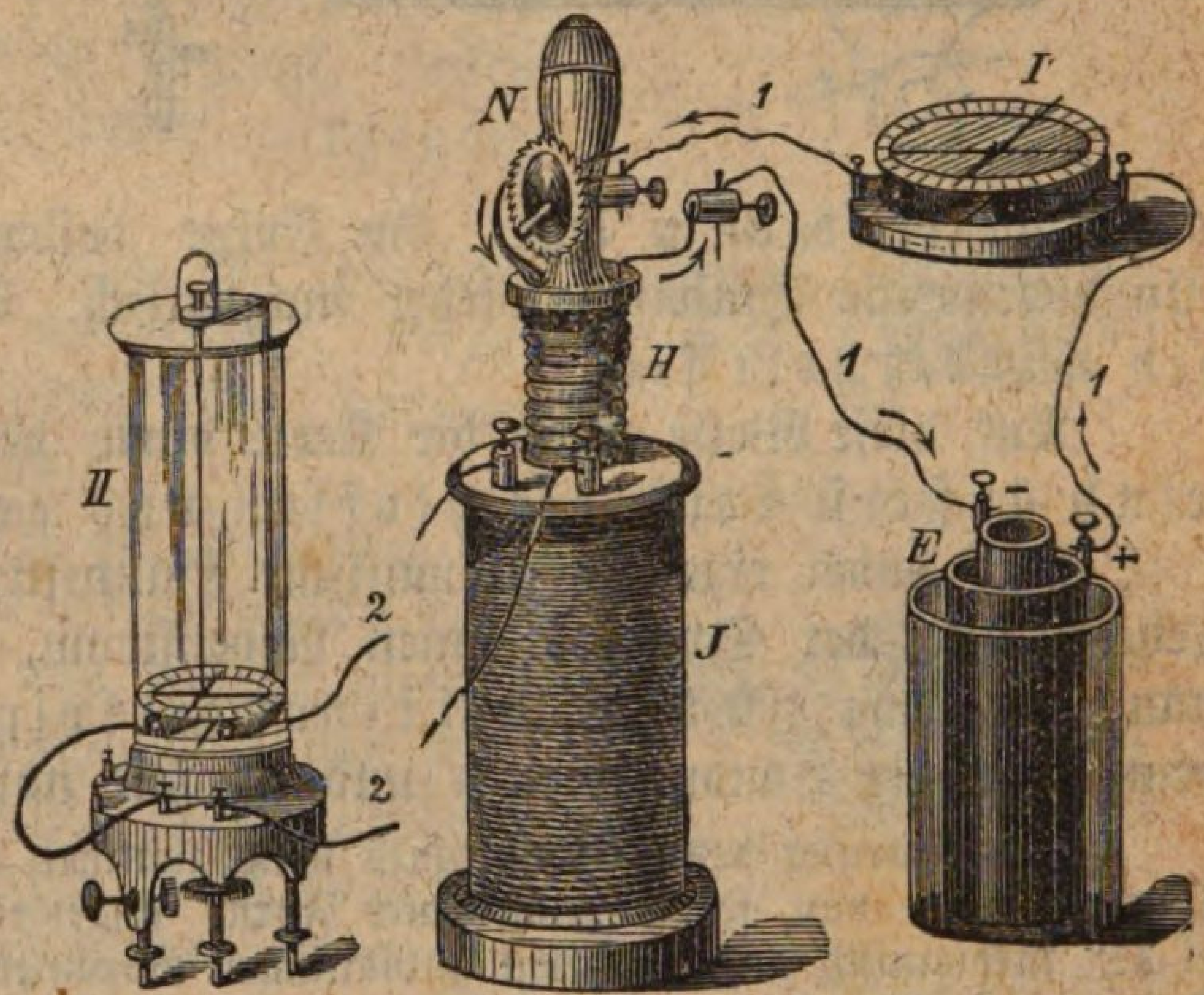
2. Als Erfinder der elektromagn. Maschinen gilt gewöhnlich Dal Negro (1831), aber Prof. Jedlička hatte schon früher (1829) einen solchen Apparat gebaut.

3. Obiger Apparat (Fig. 400) wurde von Ritchie 1833 erfunden; der Stromwechsel geschah mittels Quecksilber.

D. Elektrodynamische Induction.

517. **Die Volta-Induction.** Jeder elektrische Strom — z. B. im Drahte der Spule H (Fig. 401) — erregt im Augenblicke, wo er entsteht oder vergeht, in einem benachbarten guten Elektricitätsleiter — z. B. im Drahte der Spule J (Fig. 401) — einen elektrischen Strom. Dieser heißt Neben- oder Inductionsstrom. Er hat, wie eingeschaltete Multiplicatoren zeigen, beim Entstehen des erregenden oder des Hauptstromes die entgegengesetzte Richtung zu letzterem. Wenn der Hauptstrom aufhört, so hat der Nebenstrom mit dem Hauptstrom die gleiche Richtung. Jeder Nebenstrom ist nur von unmeßbar kurzer Dauer.

Fig. 401.



1. Mit den inducirten Strömen kann man alle Wirkungen der gewöhnlichen Ketten, besonders kräftig aber die physiologischen hervorbringen.

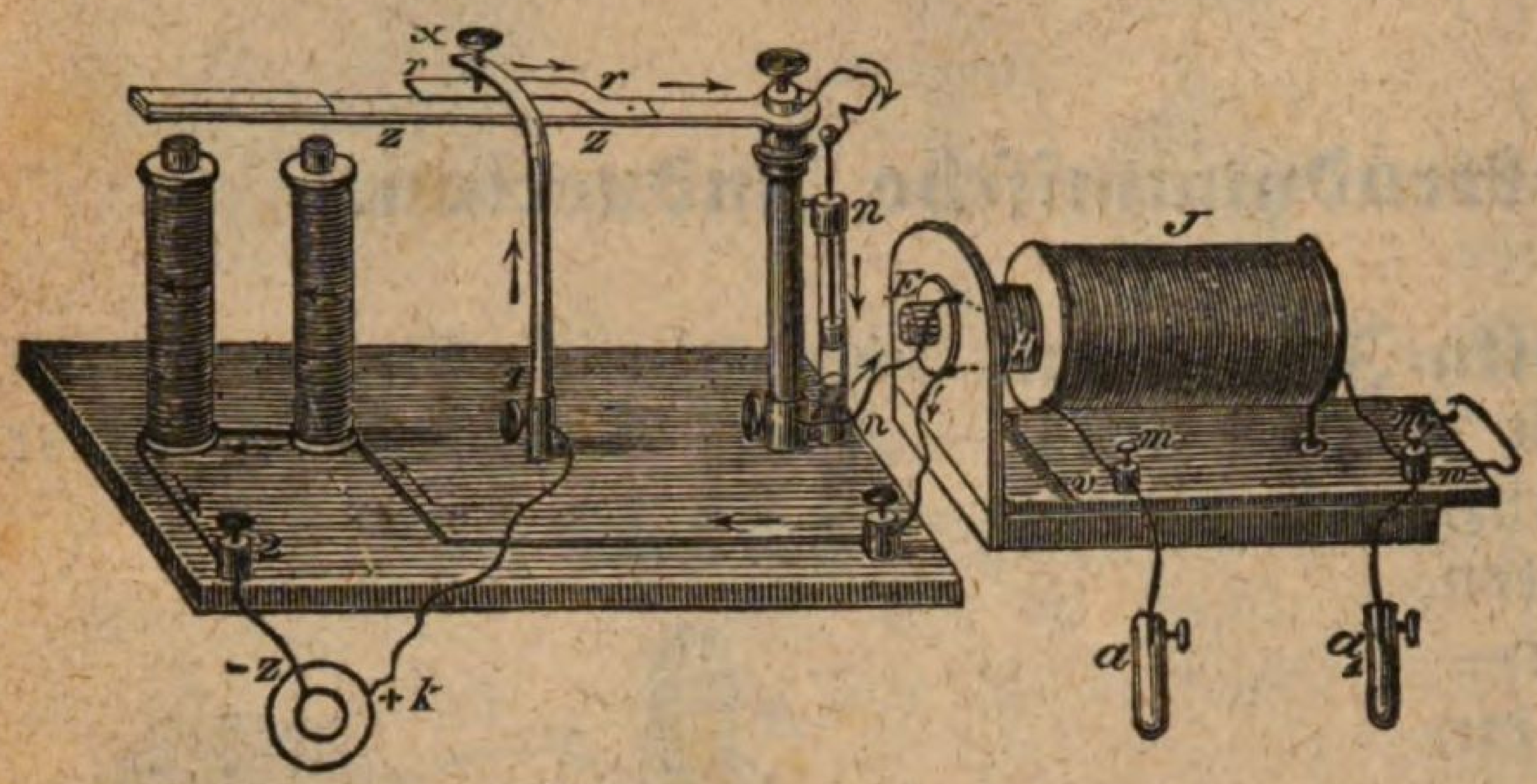
2. Der Hauptstrom heißt auch der primäre, der Nebenstrom der secundäre oder inducirte Strom.

3. Es ist von Vortheil, den Draht für den Hauptstrom dick und jenen für den Nebenstrom recht dünn und lang zu wählen. Man kann auch den Hauptdraht auf einen Holzcylinder wickeln und in eine hölzerne oder gläserne Spule schieben, um welche der Nebendraht gewunden ist (Inductionsrolle). — Gefunden von Faraday 1831.

518. **Unterbrechung des Hauptstromes für ergiebige Nebenströme.** Da der Inductionsstrom nur einen Augenblick dauert und, während der Hauptstrom cirkulirt, bereits verschwunden ist; so wird man, um ausgiebige Inductionsströme zu erhalten, den Hauptstrom rasch abwechselnd unterbrechen und wieder herstellen müssen. Dies geschieht am besten (Fig. 401) mittels eines Neef'schen Rades oder mittels einer vom Strome bewirkten Unterbrechung und Schließung, d. i. mittels einer Selbstunterbrechungs-Vorrichtung (Fig. 402).

519. **Der Wagner'sche oder Neef'sche Hammer.** Schließt man (Fig. 402) die einfache Kette, so wird das weiche Hufeisen magnetisch. Letzteres zieht daher den Anker so herab, daß r die Schraube x nicht mehr metallisch berührt.

Fig. 402.



Dadurch wird der Strom unterbrochen, und der eben entstandene Elektromagnet sogleich wieder nur „weiches Eisen." Die Feder zz des Ankers zieht ihn wieder in die erste Lage, wo r sich wieder leitend an x legt. In Folge dessen wird die Kette geschlossen, also das weiche Hufeisen wieder magnetisch. Der Vorgang von vorhin wiederholt sich.

Auf diese Weise wird die Kette durch den Strom selbst abwechselnd äußerst rasch geschlossen und geöffnet.

Der dabei erzeugte galvanische Hauptstrom der Spule H erregt im Nebendrahte der Spule J einen Nebenstrom, dessen kräftige Wirkung man als sehr schnell aufeinanderfolgende Schläge empfindet, wenn man die Conductoren a und a_1 mit nassen Händen faßt.

1. Erklärung des Brummtones beim thätigen Hammer. — Der Wagner'sche Hammer wird von sehr verschiedener Form angefertigt und als Selbstunterbrecher bei den medicinisch angewendeten galvanischen Strömen gebraucht. — Erfunden von Wagner 1839 und von Neef bekannt gemacht. — Elektrische Läutwerke.

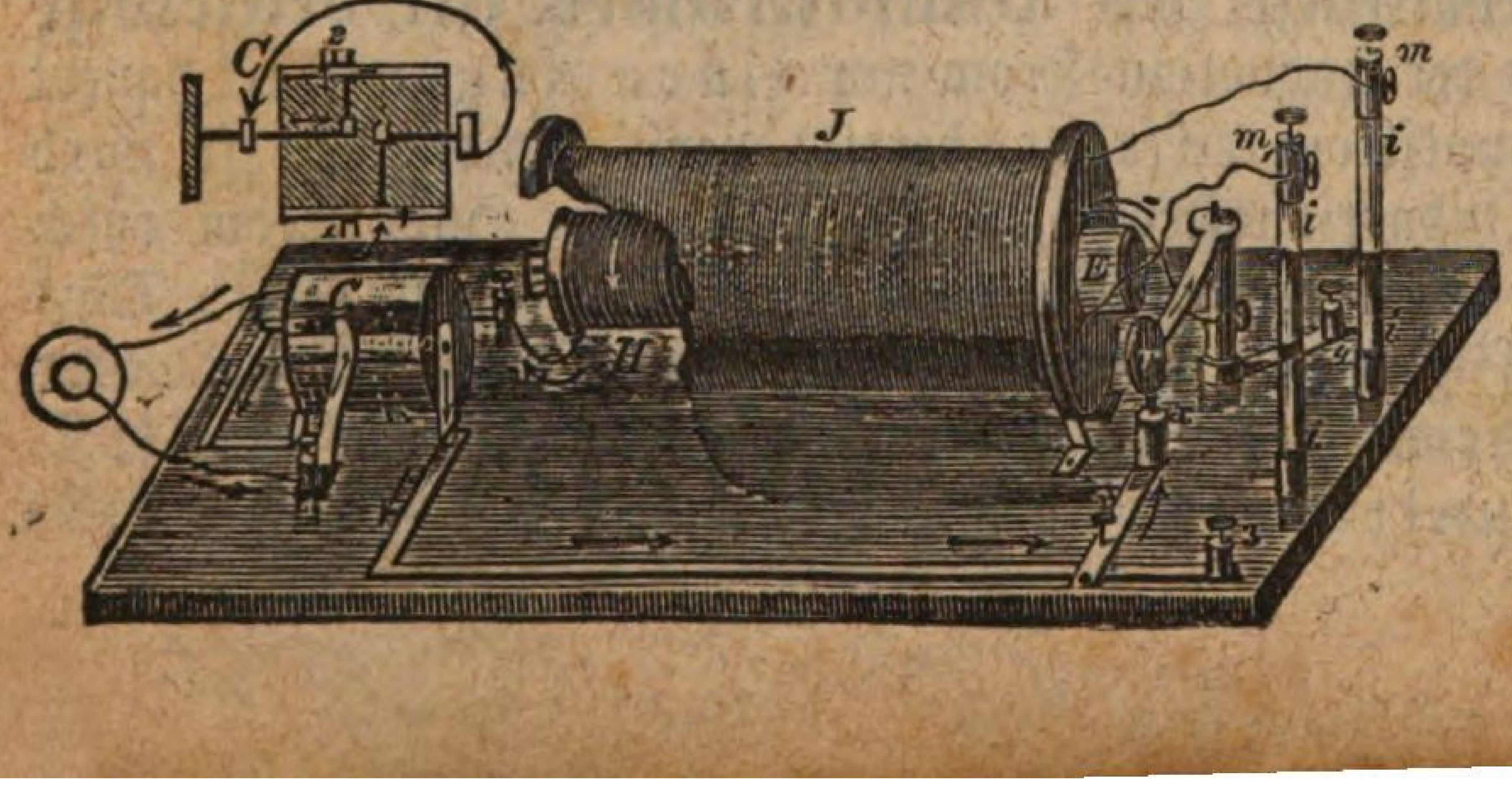
2. Wenn man die eine Handhabe vom Drahte eines Wagner'schen Hammers (Fig. 402) in die feuchte Hand nimmt und den anderen Draht in das Wasser eines Glasgefäßes senkt; so kann man eine Münze aus diesem Wasser nur schwer oder gar nicht herausheben; warum nicht? Krampfartiges Zusammenziehen der Muskel durch den Inductionsstrom. — Nasse Schwämme, Metallpinsel etc. als Pole.

3. Man denke sich (Fig. 402) den einen Pol a des Inductionsdrahtes in ein Bad getaucht; wenn nun der Badende den außer Wasser befindlichen Pol a_1 berührt, bekommt er einen galvanischen Schlag. — Aehnliches im Dampfbad.

4. Die Handhaben a und a_1 in Form von Messingleuchtern; man kann dann die Kerze des einen Leuchters an der brennenden des zweiten Leuchters nicht entzünden.

5. Galvanische Thüren und Cassetten, welche beim Versuche zu öffnen, eine Batterie schließen und galvanische Schläge geben. — Galvanische Vexir-Apparate.

Fig. 403.



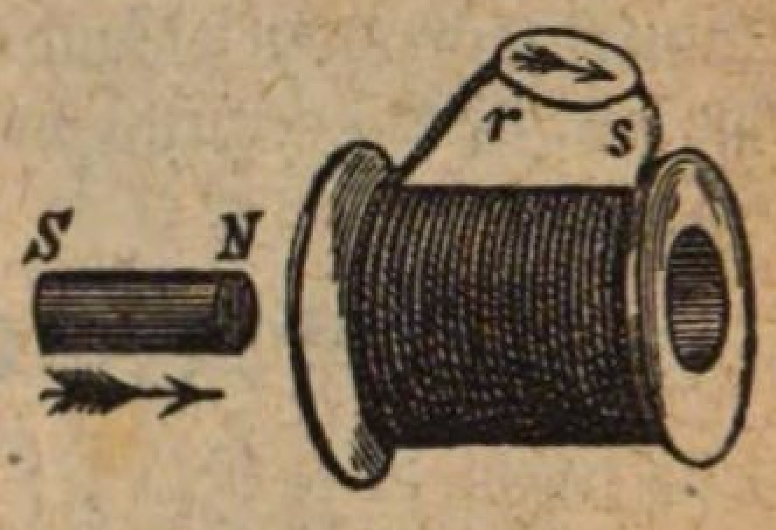
520. **Ruhmkorff'scher Funken-Inductor** (1851). Wenn man bei einer Spule der Volta-Induction (§. 517) den Draht einige tausend Fuß lang und sehr dünn

wählt, und die Windungen von einander durch Seide und Firniß sehr wohl isolirt; wenn man ferner den Hauptstrom mit einer Neef'schen Selbstunterbrechung versieht, so hat man im Wesentlichen einen Ruhmkorff'schen Funken-Inductor (Fig. 403), mit dem man herrliche elektrische Lichtversuche machen kann, besonders mit den Geißler'schen Röhren (Seite 156).

Der Funken-Inductor zeigt die Gleichheit der galv. El. und der Reibungs-El. Sprengschüsse mit den elektr. Funken des Ruhmkorff'schen Apparates. — Riesen-Inductoren; Mignon-Inductoren d. i. kleine, jedoch recht wirksame Funken-Inductoren.

521. **Magneto-Induction** (Faraday 1831). Schiebt man in die Höhlung einer Inductionsspule (Fig. 404) einen Magnet; so wird im geschlossenen Drahte ein Strom inducirt, dessen Richtung und Stärke von dem Multiplicator rs zur Anzeige gelangt.

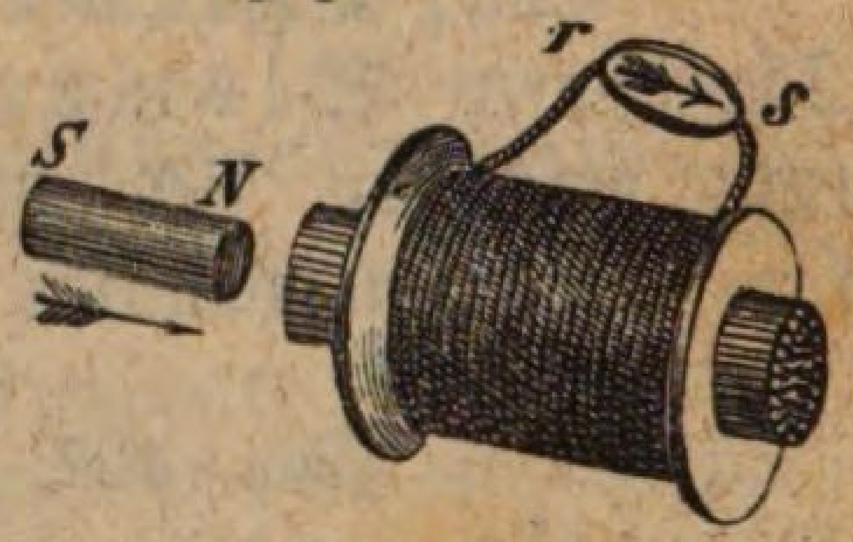
Fig. 404.



Beim Zurückziehen des Magnetes wird in demselben Drahte ein Strom erzeugt, dessen Richtung jener des vorigen Stromes entgegengesetzt ist.

Der zweite Pol des Stabes bei derselben Mündung ein- und ausgeführt, erregt Ströme, deren Richtungen jenen der vorigen Ströme entgegengesetzt sind.

Fig. 405.

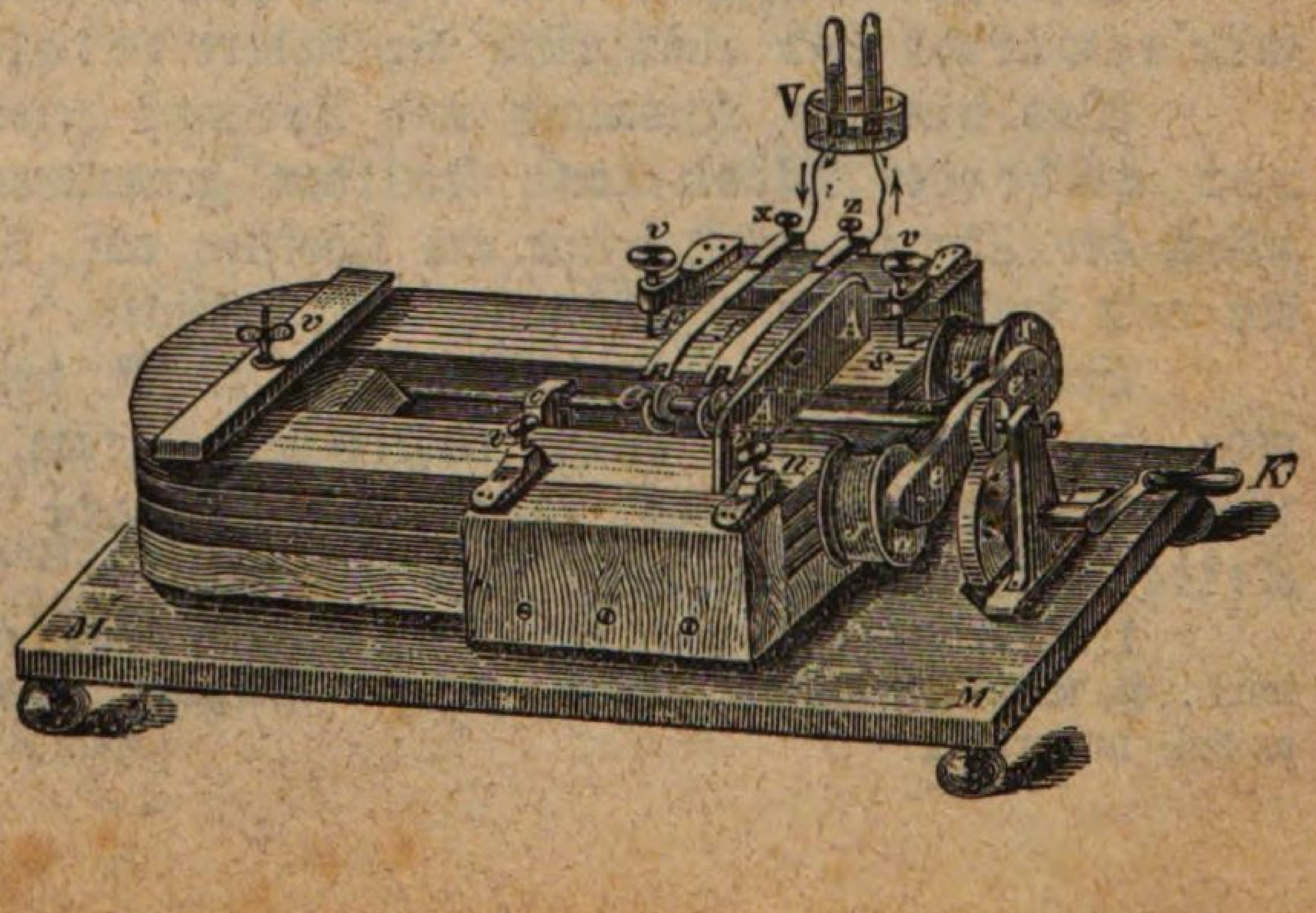


Füllt man (Fig. 405) die Höhlung der Inductions-Spule mit weichen Eisenstäbchen oder mit einem weichen Eisenkern, und nähert hierauf den Eisenkern, seiner Länge nach oder von seitwärts, dem Pole eines kräftigen Magnetstabes; so wird dadurch der Eisenkern magnetisch, und es entsteht in dem geschlossenen Drahte der Spule ein Strom.

Sobald der Eisenkern sich vom Pole entfernt, hört ersterer auf magnetisch zu sein und nun wird ein Strom inducirt, der in seiner Richtung dem vorigen entgegengesetzt ist.

Das Magnetischwerden des Eisenkernes kommt dem Einschieben eines Magnetstabes gleich, während das Aufhören des magnetischen Zustandes im Eisenkerne gerade so wirken muß, als ob man einen Magnetstab von der Spule entfernte.

Fig 406



522. **Die Magneto-Elektrisir-Maschine** (Fig. 406) dient zum Erzeugen starker, elektrischer Ströme ohne Anwendung irgend einer galvanischen

Batterie. Das Wesen derselben ist ein kräftiges, magnetisches Hufeisenmagazin, bei dessen Polen mit Eisenkernen gefüllte Inductionsspulen rasch vorüberbewegt werden.

Die in diesen Spulen erregten galvanischen Ströme von entgegengesetzter Richtung werden durch einen Stromwender auf einerlei Richtung gebracht.

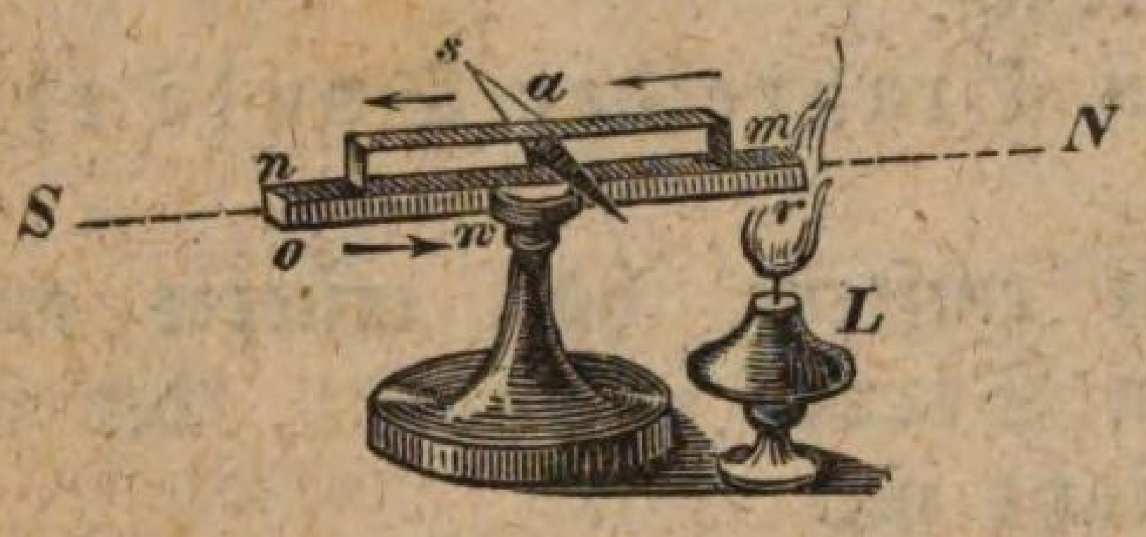
1. Für chemische und physiologische Wirkungen muß bei den Inductoren J und J_1 ein dünner Draht in sehr vielen Windungen angewendet werden; hingegen sind für die Wärme-, Licht- und magnetischen Wirkungen Inductoren aus dickem Drahte in wenigen Windungen erforderlich. — Erfinder: Pixii 1832; seitdem sehr verbessert.

2. Man bedient sich der magneto-elektrischen Rotations-Apparate ganz besonders zu Heilzwecken. Dieselben werden jedoch auch in Fabriken für Galvanoplastik, bei Telegraphen, Minenzündungen und für das elektrische Licht, besonders der Leuchtthürme, angewendet. Im letzteren Falle liegen die Pole vieler magnetischer Magazine am Umfange eines Kreises, an welchen mittels Dampfkraft eben so viele Inductionsrollen vorübergeführt werden. Der Stromwechsler entfällt dann, weil ohne ihn die Verbrennung beider Pole gleichmäßiger wird.

E. Elektricitäts-Erregung durch Temperaturänderung.

523. **Thermo-Element.** In Fig. 407 bedeutet der untere Theil rwo Wismuth, der obere nam Antimon. Diese beiden Metalle berühren sich bei r und o auf das innigste, was hier durch Zusammenlöthen bewirkt worden ist. Erwärmt man die Contactstelle r, so entsteht ein elektrischer Strom in der Richtung rmanowr. Dieser Strom wird durch eine kleine Declinationsnadel s angezeigt. Hätte man die Stelle o erwärmt, so wäre der Strom in der Richtung onamrwo gekreiset.

Fig. 407.



Diese „Thermo-Elektricität" geht in der wärmeren Berührungsstelle vom Wismuth zum Antimon, in der kühleren vom Antimon zum Wismuth; sie erscheint um so stärker, je größer der Unterschied der Temperatur beider Contactstellen ist.

Besonders kräftig ist dieser elektr. Strom, wenn die eine Berührungsstelle erwärmt und gleichzeitig die andere erkaltet wird.

Was hier an Wismuth und Antimon gezeigt wurde, gilt auch von anderen Metallen; bei den genannten beiden Metallen tritt jedoch die Thermo-Elektricität am stärksten auf. Manche Legirungen wirken noch kräftiger, als Wismuth und Antimon.

Eine Verbindung von Metallen, z. B. von Wismuth und Antimon, zu dem Zwecke, einen elektrischen Strom durch Erwärmung der Löthstelle hervorzubringen, heißt eine einfache thermo-elektrische Kette oder ein thermo-elektrisches Element.

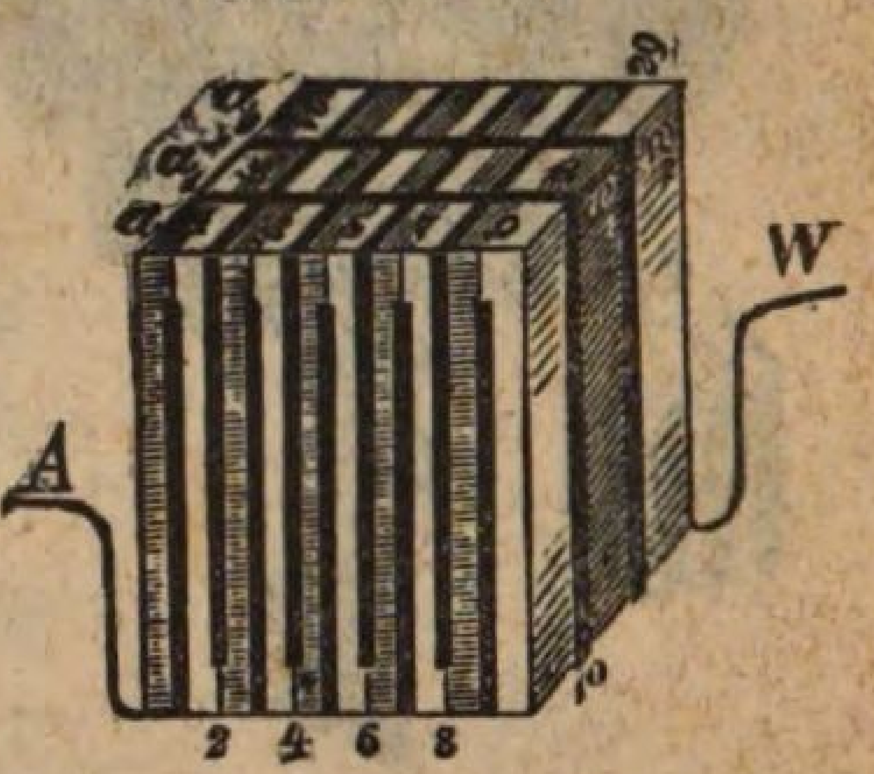
1. Der innige Contact der beiden Metalle eines thermo-elektrischen Elementes wird, je nach Umständen, durch Zusammenlöthung, Verschmelzung, Verschraubung o. dgl. m. erzielt.

2. Zu Anfange des Versuches stellt man den Bogen om mit seiner Ebene in den magnetischen Meridian, d. h. so, daß er parallel über der kleinen Deklinationsnadel s steht. Das Heraustreten der Nadelspitzen aus der Ebene om zeigt dann das Dasein des Stromes an. Die Richtung des Stromes bestimmt man nach dem Ampère'schen Bilde (§. 508).

524. **Thermo-Säule.** Eine zusammengesetzte thermo-elektrische Kette oder eine Thermosäule erhält man, wenn viele Wismuth- und Antimonstäbchen (Fig. 408) je aneinander gelöthet werden.

Verbindet man das erste Wismuthstäbchen und das letzte Antimonstäbchen mit den Enden eines Multiplicatordrahtes und erhitzt alle Berührungsstellen, welche auf der nämlichen Seite liegen; so wird hierdurch an jeder Contactstelle ein elektrischer Strom erregt, der vom Wismuth ausgeht, und in allen Stäbchen eine und dieselbe Richtung hat.

Fig. 408.



Die Stärke dieses Stromes ist gleich der Summe der an den Berührungsstellen entstehenden Ströme. Die Stromstärke wächst in demselben Verhältnisse, in welchem die Menge dieser Stellen zunimmt.

Ein thermo-elektrischer Strom bringt alle Wirkungen wie jener einer Volta'schen Säule hervor, jedoch in geringerem Grade.

1. Bei der Thermosäule in Fig. 408 ist je eine Reihe von Thermoelementen mit der andern nur an einer Stelle leitend verbunden, sonst aber von den benachbarten Elementen durch einen isolirenden Stoff z. B. Harz, Gyps getrennt. — Entdecker der Thermoströme: Seebeck 1822.

2. Eine kräftige Thermosäule hat 1864 der Wiener Mechaniker Markus erfunden. Das positive Metall seiner Thermokette bietet eine Legirung von Kupfer (10), Zink (6) und Nickel (6), und das negative eine Legirung von Antimon (12), Zink (5) und Wismuth (1). Die Erhitzung des positiven Metallgemisches geschieht mittels Gasflammen; sie kann 600° C. übersteigen, folglich große Temperaturunterschiede bewirken und dadurch sehr kräftig wirken. Eine derartige Säule von 10 Elementen ist nahezu gleich einem mittelgroßen Daniell'schen Elemente. — Eine vorzügliche Thermosäule aus Legirungen hat in jüngster Zeit (1871) Noë construirt.

525. **Thermosäule und Multiplicator als empfindlichstes Thermoskop.** Eine feine Thermosäule verbunden mit einem Multiplicator ist das empfindlichste Thermoskop. Dasselbe kann mittels einer zweckmäßigen Scala zu einem Thermometer gemacht werden. — Melloni und Nobili 1833.

Pyroelektrische Krystalle, besonders der Turmalin oder Aschenzieher.

F. Mannigfache Quellen der Elektricität.

526. **Fernere Quellen der Elektricität** sind: Druck, Spaltung, der chemische und der Lebensprozeß.

An noch lebenden Muskeln und Nerven von Fröschen sowie an lebendigen Fröschen selbst werden elektrische Ströme zweifellos nachgewiesen.

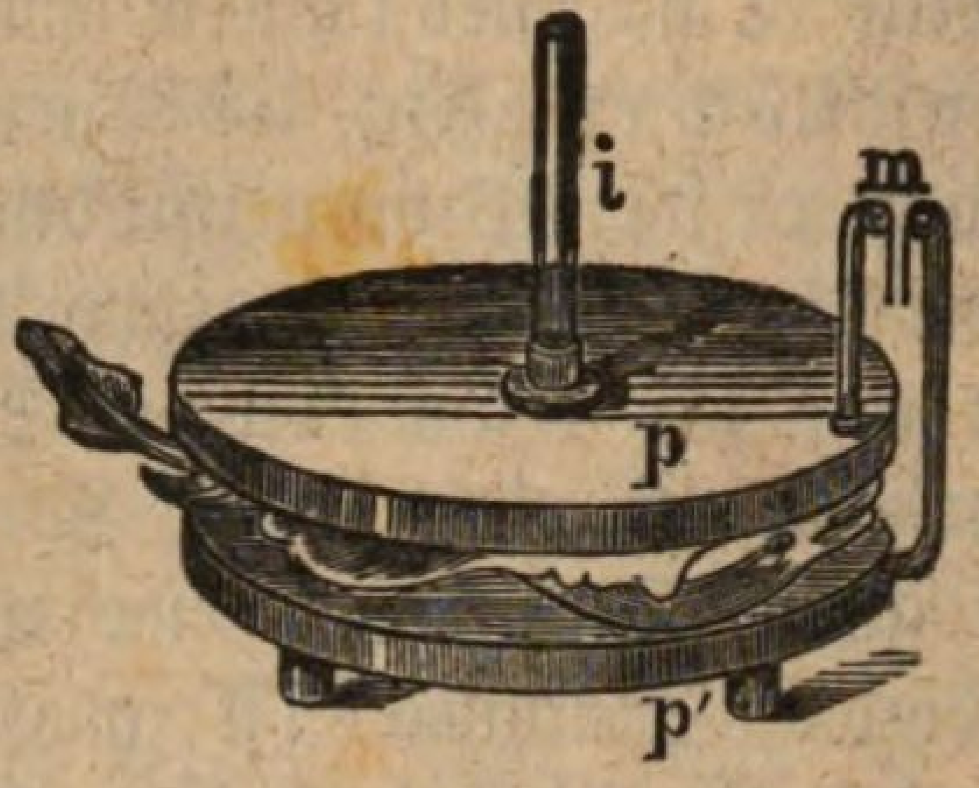
527. **Elektromotorische Fische** sind besonders die Zitterrochen im mittelländischen und atlantischen Meere, die Zitteraale in den Landseen Südamerikas und die Zitterwelse im Nil und in anderen afrikanischen Flüssen.

Das elektrische Organ der beiden ersten besteht (Fig. 409, O und O_1) aus vielen Säulchen, welche durch wahrscheinlich isolirende Häutchen von einander getrennt sind. Beim Zitterwelse sind die Säulchen durch linsenförmige, eine Flüssigkeit enthaltende Kapseln ersetzt.

Fig. 409.



Fig. 410.



Die 2 elektrischen Organe des Zitterrochens (Fig. 409) liegen unmittelbar unter der Haut zu beiden Seiten des Rückgrates. Die Axen der Säulchen sind vom + elektrischen Rücken gegen den — elektrischen Bauch gerichtet. In diesem Fische zieht daher der elektrische Strom vom Bauch zum Rücken.

Die 4 elektrischen Organe des Zitteraales liegen längs seines ganzen Körpers. Das elektrische Organ des Zitterwelses ist nahezu eine cylindrische Röhre, in welcher der Fisch gleichsam steckt. Die Axen der Elementchen der elektrischen Organe der Zitteraale und Zitterwelse sind parallel zur Längenaxe dieser Fische. Ihr Schwanz ist + und ihr Kopf — elektrisch. Im Fische selbst geht also der elektrische Strom vom Kopfe zum Schwanz.

Betastet man einen der Zitterfische, so erhält man einen elektrischen Schlag, der besonders wirksam wird, wenn man die entgegengesetzt elektrischen Theile gleichzeitig berührt und den Fisch reizt.

Die elektrische Ausladung dieser Zitterfische geschieht (Fig. 410) mittels großer isolirter Silberplatten. Die Wirkungen äußern sich wie bei einem galvanischen Strom (Seite 176—182); man erhält auch elektrische Funken. — Beim Zitterwels besteht eigentlich der elektrische Schlag aus sehr vielen, rasch auf einander folgenden Schlägen. Und so dürfte es auch bei den anderen elektromotorischen Fischen sein, unter denen der Zitteraal besonders mächtig elektrisch schlägt.

1. Die Goldblättchen m (Fig. 410) nähern sich rasch; warum? sie verbrennen durch den elektrischen Funken der Zitterfische.

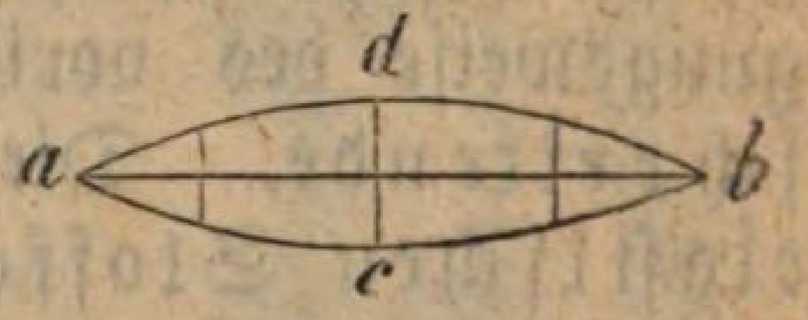
2. Großartig ist der Kampf der brasilianischen Zitteraale oder Gymnoten gegen die Pferde, welche in den von elektrischen Aalen bevölkerten See getrieben werden. — Schilderung von Alexander v. Humboldt.

VIII.

Die schwingende Bewegung insbesondere.

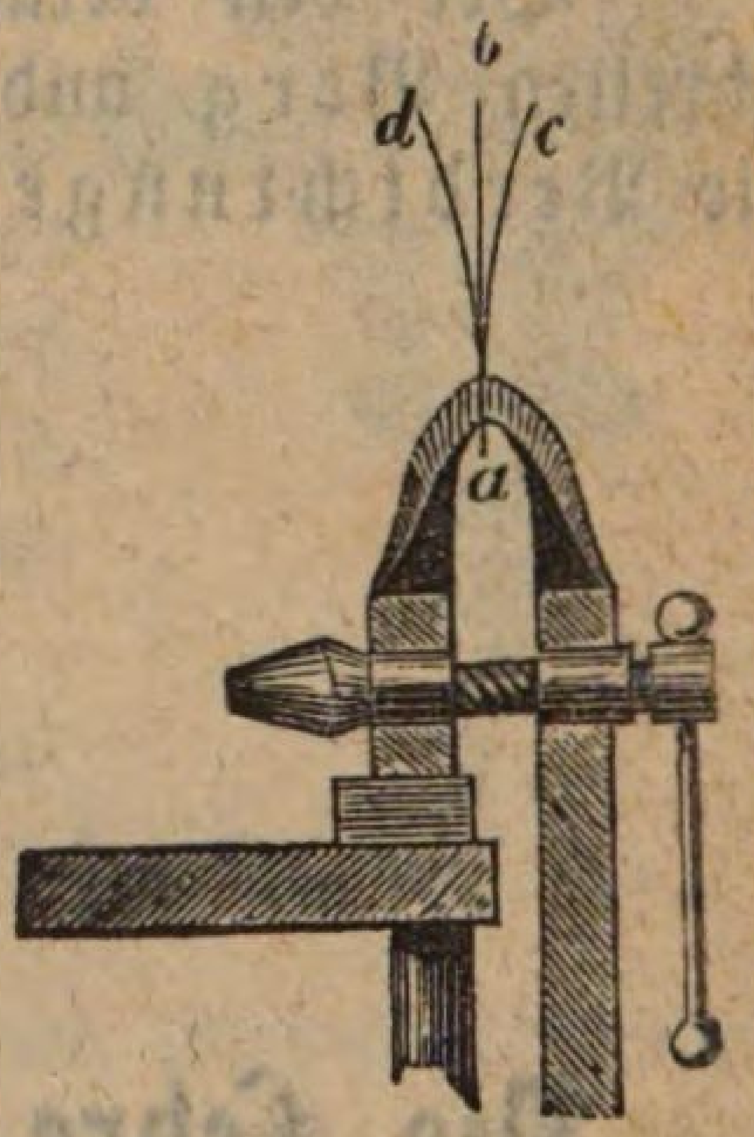
528. **Schwingungen von Körpern durch die Elasticität.** Man bringe (Fig. 411) eine gespannte Saite aus der Lage ab in jene bei acb. Sobald die Kraft nachläßt, sucht die Saite, vermöge ihrer Elasticität, ihre ursprüngliche Lage wieder einzunehmen. Die Elasticität erzeugt, in ähnlicher Weise wie die Schwere beim Pendel, ein Hin- und Herschwingen von acb über ab nach adb, dann zurück nach acb und wieder nach adb.

Fig. 411.



Es gelten hier die nämlichen Ausdrücke wie beim Pendel, nur nennt man da eine einfache Schwingung (von adb zurück bis adb), was beim Pendel eine Doppelschwingung heißen würde.

Fig. 412.



Aehnliche Schwingungen macht, vermöge seiner Elasticität, ein Stahlstab (Fig. 412), den man aus seiner Gleichgewichtslage ab nach ac oder ad biegt.

529. **Stehende Schwingungen.** Schwingungen, bei welchen alle Theilchen (Fig. 411 und 412) eines Körpers gleichzeitig in Bewegung gerathen, gleichzeitig durch ihre Gleichgewichtslage gehen, gleichzeitig die Grenzen ihrer Schwingungsweiten erreichen, heißen stehende Schwingungen. Diese sind entweder Querschwingungen oder Längenschwingungen, je nachdem sich die Theilchen senkrecht auf der Längenrichtung oder mit ihr parallel bewegen.

Bei den Längenschwingungen erleidet der schwingende Körper abwechselnd eine Verdichtung und eine Verdünnung.

530. **Wellen.** Gesetzt, eine Kugel beginnt ihre Schwingungsweise mit einer raschen Ausdehnung, so erhält dadurch die angrenzende hohle Kugelschichte einen Stoß. Durch diesen wird die Luft vorwärts geschoben und, weil die entfernteren Theilchen nicht schnell genug auszuweichen im Stande sind, verdichtet. Die Theilchen dieser verdichteten Schichte stoßen an die noch ruhenden Theilchen der angrenzenden Schichte, theilen ihnen, wie beim Stoße elastischer Kugeln, ihre Bewegung mit und kommen selbst zur Ruhe. Hiedurch verdichten sich die 2te, 3te, 4te, 5te Schichte u. s. w.

Es schreitet also die in der ersten Schichte bewirkte Verdichtung nach außen von Schichte zu Schichte und zwar, wie sich theoretisch nachweisen läßt, mit gleicher Geschwindigkeit weiter.

Zieht sich die Kugel gleich nach ihrem Ausdehnen schnell zusammen, so erfüllen die sie zunächst umgebenden Lufttheilchen den von ihr verlassenen Raum. Es entsteht in der sie umgrenzenden, kugelförmigen Luftschale eine Verdünnung, die sich in derselben Richtung, wie jene Verdichtung, gleichförmig fortpflanzt und die sich unmittelbar an die Verdichtung schließt.

Zwei benachbarte kugelförmige Luftschalen, die verdünnte und verdichtete zusammen, heißen Welle. Die Dicke der beiden Kugelschalen wird die Länge oder Breite der Welle genannt.

531. **Fortschreitende Schwingungen.** Wenn, wie bei den Wellen, die erregten Schwingungen von Theilchen zu Theilchen sich derart fortpflanzen, daß jedes folgende Theilchen etwas später die Bewegungsweise des vorigen nachahmt, so heißen jene Schwingungen fortschreitende. Dieselben erfolgen in jedem gleichförmig dichten, elastischen Stoffe auf ähnliche Weise wie in der Luft.

Bei den bekannten und leicht zu erzeugenden Wasserwellen schreiten Berg und Thal, in ähnlicher Weise wie bei den Luftwellen die Verdichtungen und Verdünnungen, fort.

IX.

Die Lehre vom Schalle oder die Akustik.

A. Die Entstehung des Schalles.

532. **Schall.** Alles was man hört, heißt Schall.

533. **Schallquelle und Schallmittel.** Der Schall entsteht durch jeden Stoß, welcher in das Ohr fortgepflanzt wird.

Der Körper, welcher diesen Stoß unmittelbar veranlaßt, wird der schallende, jener, der ihn zum Ohre fortpflanzt, das Schallmittel genannt.

534. **Klang.** Ein einzelner Stoß erregt nur eine augenblickliche Schallempfindung oder einen Knall. Ein länger dauernder Schall,

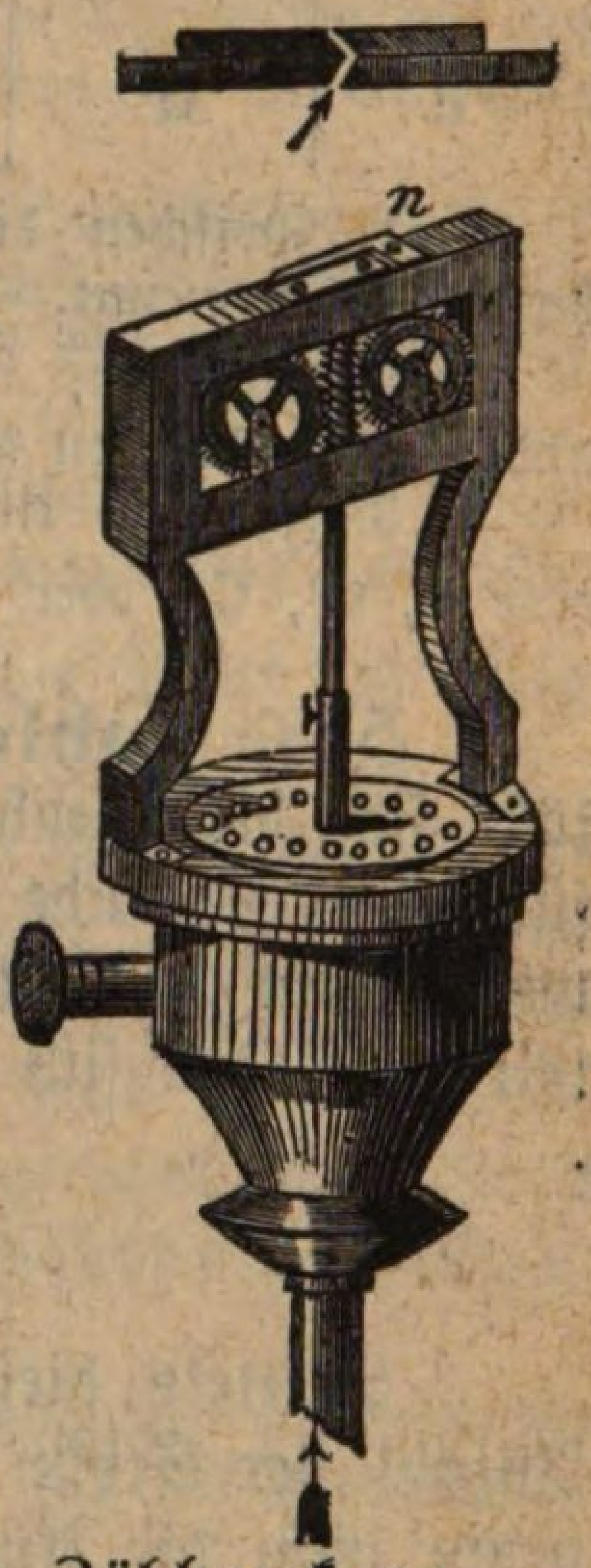
welcher entsteht, wenn viele Schallstöße regellos auf einander folgen, heißt Geräusch, Gepolter, Getöse u. s. w. Reihen sich jedoch die Schallstöße regelmäßig aneinander, so bewirken sie im Ohre einen Klang.

535. **Ton.** Der Klang, bezogen auf das, was man seine Höhe oder Tiefe nennt, heißt Ton.

Das Eigenthümliche des Klanges oder der Klangfarbe hängt von mehreren Nebentönen ab, welche dem Haupt- oder Grundton beigemischt sind.

536. **Die Sirene.** Bei dieser (Fig. 413) wird die Luft durch ein Rohr in einen Cylinder getrieben, an dessen Deckplatte viele Oeffnungen in einem Kreise gleichweit von einander liegen. Durch diese Oeffnungen strömt die Luft aus und trifft gegen eine um ihren Mittelpunkt sehr leicht drehbare Scheibe, welche der Deckplatte parallel läuft und eben so viel Löcher wie letztere hat. Die Luft, welche gegen die schräg gebohrten Oeffnungen stößt, bringt die Scheibe in Drehung. Hiebei kann die Luft durch die Oeffnungen strömen oder sie ist daran gehindert, je nachdem die Löcher der unteren Platte mit jenen der oberen zusammenfallen oder nicht.

Fig. 413.



In solcher Weise können auf die äußere Luft, und mittelbar auch auf das Ohr, Stöße in regelmäßiger schneller Wiederkehr ausgeübt werden. Dadurch entsteht ein Ton, der 2, 3, 4....nmal höher wird, wenn 2, 3, 4....nmal mehr Stöße in der nämlichen Zeit erfolgen.

Die Anzahl jener schallerregenden Stöße, für eine bestimmte Zeit, zeigt ein vermittels der Axe getriebenes Zählwerk an.

537. **Tonleiter.** Zwischen zwei verschieden hohen, weit auseinander liegenden Tönen ist eine größere Menge anderer Töne möglich; doch hört sich nur eine gewisse Tonfolge angenehm. Dieß ist besonders bei acht, in unserer Musik angewendeten Tönen der Fall. Der erste dieser Töne, mit dem man alle andern in Beziehung auf die Höhe vergleicht, heißt der Grundton oder die Prim; der 2., 3., 4., 5., 6., 7. und 8. wird die Secund, Terz, Quart, Quint, Sext, Septim und Octav, und die ganze Reihe wird Tonleiter genannt.

In dieser Tonleiter macht der achte Ton doppelt so viel Schwingungen als der erste, er klingt mit letzterem fast in einen Ton zusammen.

Dieser zuletzt erhaltene achte Ton kann wieder zum Grundton gemacht, und so eine neue Tonscala erhalten werden, bis endlich der Ton, als zu hoch, nicht mehr gehört wird. Auch nach abwärts kommt man an eine Grenze der Hörbarkeit.

Wie die Tonreihen bezeichnet werden, zeigt folgende Tabelle:

Prim	Secund	Terz	Quart	Quint	Sext	Septim	Octav
$\underline{\underline{C}}$	$\underline{\underline{D}}$	$\underline{\underline{E}}$	$\underline{\underline{F}}$	$\underline{\underline{G}}$	$\underline{\underline{A}}$	$\underline{\underline{H}}$	$\underline{C}$
$\underline{C}$	$\underline{D}$	$\underline{E}$	$\underline{F}$	$\underline{G}$	$\underline{A}$	$\underline{H}$	C
C	D	E	F	G	A	H	c
c	d	e	f	g	a	h	$\overline{c}$
$\overline{c}$	$\overline{d}$	$\overline{e}$	$\overline{f}$	$\overline{g}$	$\overline{a}$	$\overline{h}$	$\overline{\overline{c}}$
$\overline{\overline{c}}$	$\overline{\overline{d}}$	$\overline{\overline{e}}$	$\overline{\overline{f}}$	$\overline{\overline{g}}$	$\overline{\overline{a}}$	$\overline{\overline{h}}$	$\overline{\overline{\overline{c}}}$

1. Zwischen diesen Tönen werden noch andere Töne eingeschaltet, die man halbe Töne nennt. — Schwarze Tasten am Klavier.

2. Statt $\overline{\overline{c}}$, $\overline{\overline{d}}$ kann man auch schreiben c'', d'' oder c^2, d^2 ... oder c_2, d_2 und so auch bei den andern Buchstaben.

3. Für die tiefen Töne C, $\underline{C}$, $\underline{\underline{C}}$ .... schreibt man auch c^{-1}, c^{-2}, c^{-3} oder C, C^1, C^2, oder C, C_1, C_2 ...., ebenso d^{-3} statt $\underline{\underline{D}}$ u. s. w.

538. **Zahlenverhältniß der Töne.** Mit Hilfe der Sirene läßt sich die Anzahl der bewirkten Stöße, welche verschieden hohen Tönen für eine Secunde entspricht, ermitteln. Wenn die Anzahl der Stöße, welche dem Grundtone in einer Secunde zukommt, als Einheit angenommen wird, ergeben sich für die Tonleiter folgende Werthe:

c	d	e	f	g	a	h	$\overline{c}$
1	$9/8$	$5/4$	$4/3$	$3/2$	$5/3$	$15/8$	2

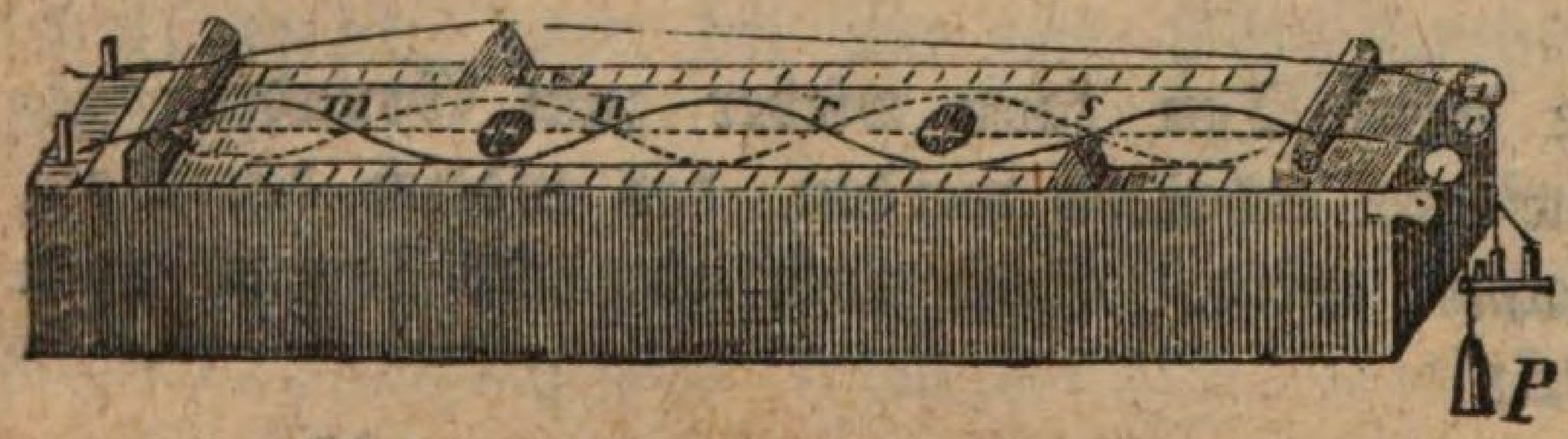
Mittels dieser Zahlen kann für jeden beliebigen Ton die absolute Anzahl der Stöße berechnet werden, welche ihm für eine Secunde zukommt, wenn man die Anzahl der Stöße, die irgend einem bestimmten Tone in der Zeiteinheit entspricht, weiß.

Ist z. B. bekannt, daß dem $\overline{a}$ 440 Stöße in der Secunde entsprechen, so kommen auf a nur 220, auf c nur $220 \times 3/5 = 132$ Stöße in der Secunde.

539. **Consonanz und Dissonanz.** Töne, die angenehm zusammenklingen, nennt man consonirend. Unangenehm zusammenklingende Töne heißen dissonirend.

Die Prim dissonirt mit der Secund und Septim, mit den andern Tönen in der Tonleiter consonirt sie. Von drei consonirenden Tönen, Accorden oder Dreiklängen sind besonders angenehm: Die Prim, Terz und Quint, dann die Prim, Quart und Sext.

Fig. 414.



540. **Gesetze der tönenden Saiten.** Am Monochord (Fig. 414) kann man folgende Gesetze nachweisen:

a) Der Ton einer Saite wird 2=, 3=, 4=,...nmal höher, wenn man sie 2=, 3=, 4=,....nmal kürzer macht.

b) Eine 2=, 3=, 4=,....nmal dünnere Saite gibt einen 2=, 3=, 4=,....nmal höheren Ton.

c) Eine 4=, 9=, 16=,....n^2mal dichtere Saite liefert einen 2=, 3=, 4=,.... nmal tieferen Ton.

d) Eine Saite, deren Länge unverändert bleibt und durch ein 4=, 9=, 16=,.... n^2mal so großes Gewicht gespannt wird, entsendet einen 2=, 3=, 4=,....nmal höheren Ton.

1. Durch einen Steg kann man (Fig. 414) die Saiten verkürzen, mittels verschiedener Gewichte die Spannung abändern, und endlich, bei derselben Spannung, verschieden dicke und dünne Saiten auf das Instrument bringen.

2. Bei Saiten werden für die Musik in der Regel nur Querschwingungen erregt. Die Längenschwingungen bei Saiten erzeugen, unter sonst gleichen Umständen, höhere Töne als die Querschwingungen. Von großem Einfluß ist hier die Materie der Saite. — Woher der Name Monochord? Nur eine Saite.

3. Das Gesetz unter a war schon den alten Griechen bekannt. Die übrigen Gesetze wurden von den berühmten Mathematikern des 18. Jahrhunderts abgeleitet.

541. **Schwingungsknoten.** Berührt man die Saite ms (Fig. 414) eines Monochordes z. B. im fünften Theile ihrer Länge bei s leise mit dem Finger und streicht dann das kürzere Stück vor s mit einem Haarbogen, so zerfällt die Saite in fünf gleiche, für sich allein schwingende Theile. Von diesen bewegen sich je zwei benachbarte Stücke nach entgegengesetzter Richtung. Die Punkte m, n, r und s, welche die schwingenden Stücke trennen, und von denselben zu gleicher Zeit nach entgegengesetzter Richtung gezogen werden, bleiben in Ruhe und heißen Schwingungsknoten.

Papier=Reiterchen verbleiben an den Knotenpunkten, während sie von den übrigen Stellen der Saite herabgeworfen werden. Dies beweist, daß die Knotenpunkte nicht schwingen. — Scharfe Papierringe statt Reiterchen.

542. **Flageolet=Töne.** Nimmt man den Ton, welchen die als ein Ganzes schwingende Saite gibt, als Einheit an; so hört man, wenn sich die Saite ms (Fig. 414) in fünf gleiche Theile zerlegt, einen Ton, dem die Zahl fünf entspricht. Berührt man den halben, dritten, vierten,....nten Theil der Saite, so zerfällt sie auf ähnliche Weise in zwei, drei, vier,....n schwingende Theile, deren entsprechende Töne sich zum Tone der ganzen Saite wie 2, 3, 4,....n zu 1 verhalten. Töne, die sich zu einander wie 1, 2, 3, 4,....n verhalten, nennt man harmonische Töne. Wenn letztere durch leise Berührung gewisser Stellen an Saiten erzeugt werden, so heißen sie insbesondere Flageolet= oder Vogeltöne. — Pigot 1676.

Die Windharfe (Fig. 415) besteht aus einem Resonanzkasten, der mit 8 bis 12 gleichgestimmten a=Darmsaiten lose bespannt ist. Bei derselben bewirkt ein von der Seite kommender Luftzug äußerst mannigfaltige Akkorde, die höchst angenehm anschwellen und wieder verklingen. Jede Saite wird nämlich vom Winde in mehrere schwingende Theile zerlegt, aber weil nicht alle vom Luftzuge auf gleiche Weise getroffen werden, jede in anderer Weise, weßhalb die Töne so mannigfaltig sind. Da jedoch alle Saiten eine gleiche Stimmung haben, so müssen die so entstandenen

Töne auch harmoniren. — Derartige Töne an den Telegraphen-Leitungsdrähten. — Die Wetterharfe, Aeolsharfe, seit 1781 allgemein bekannt.

Fig. 415.

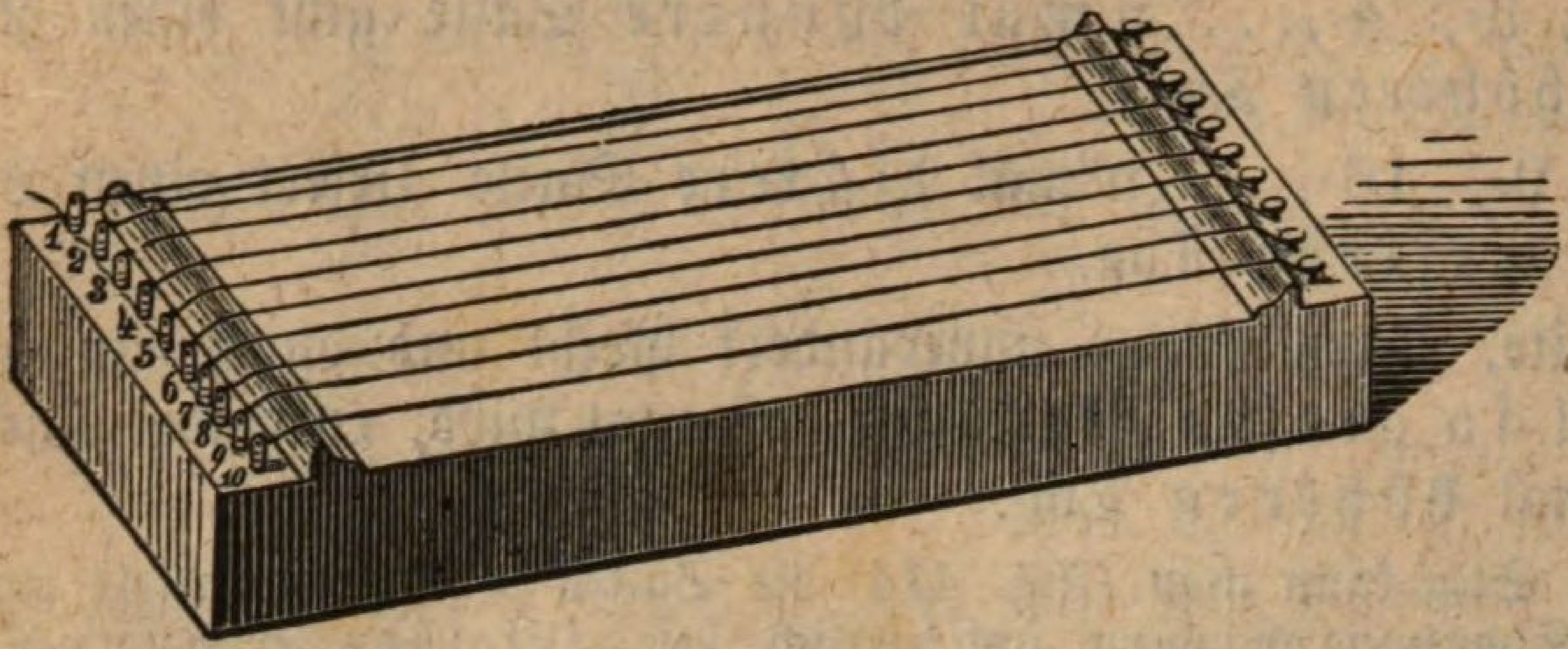
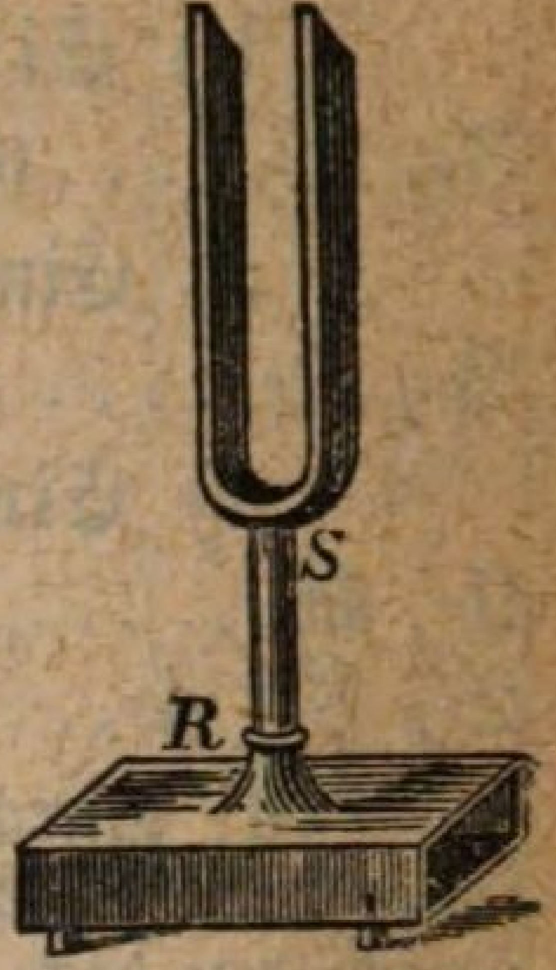


Fig. 416.



543. **Tönende Stäbe.** Die Gesetze tönender Stäbe weichen von jenen der Saiten ab. Die Tonhöhe wächst mit der Dicke des Stabes und nimmt mit seiner Länge ab. Auch an den Stäben kann man Schwingungsknoten hervorrufen.

1. Die Stimmgabeln (Fig. 416) sind gekrümmte Stäbe. Um ihren Schall zu verstärken, ruhen sie auf Resonanzkästen, welche zu ihrem Tone passen.

2. Die Triangel ist ein Stab in Form eines offenen Dreieckes; sie bringt beim Anschlagen sehr angenehme, in manchen Musikstücken verwendete Töne.

3. Die Maultrommel wird zwischen den Zähnen gehalten. Bei ihr gibt ein dünner, zarter Stab Töne, welche durch Zupfen hervorgebracht werden. Die Schwingungen der Luft in der Mundhöhle und die Vibration der Töne verstärken den Ton.

4. Bei den Spielwerken der Uhren werden verschieden lange und wohlgestimmte Stahlstäbe durch Stifte, welche an berechneten Orten aus einer Walze hervorstehen, in tönende Schwingungen versetzt; wodurch geräth die Walze in Drehung? — Aeolstöne der eisernen Gitterstäbe bei Gärten 2c.

5. Bei der Glasharmonika bringt man verschieden lange und verschieden dicke, wohlgestimmte und hohl liegende Glasstreifen durch Anschlagen ins Tönen; in ähnlicher Weise verhält es sich bezüglich der Holzstäbe bei Strohfideln, die ihren Namen von den Strohbündeln haben, auf welchen die hölzernen Stäbe mit ihren Enden ruhen. — Aehnlich Eisen- und Stahlstabharmonika.

Fig. 418.

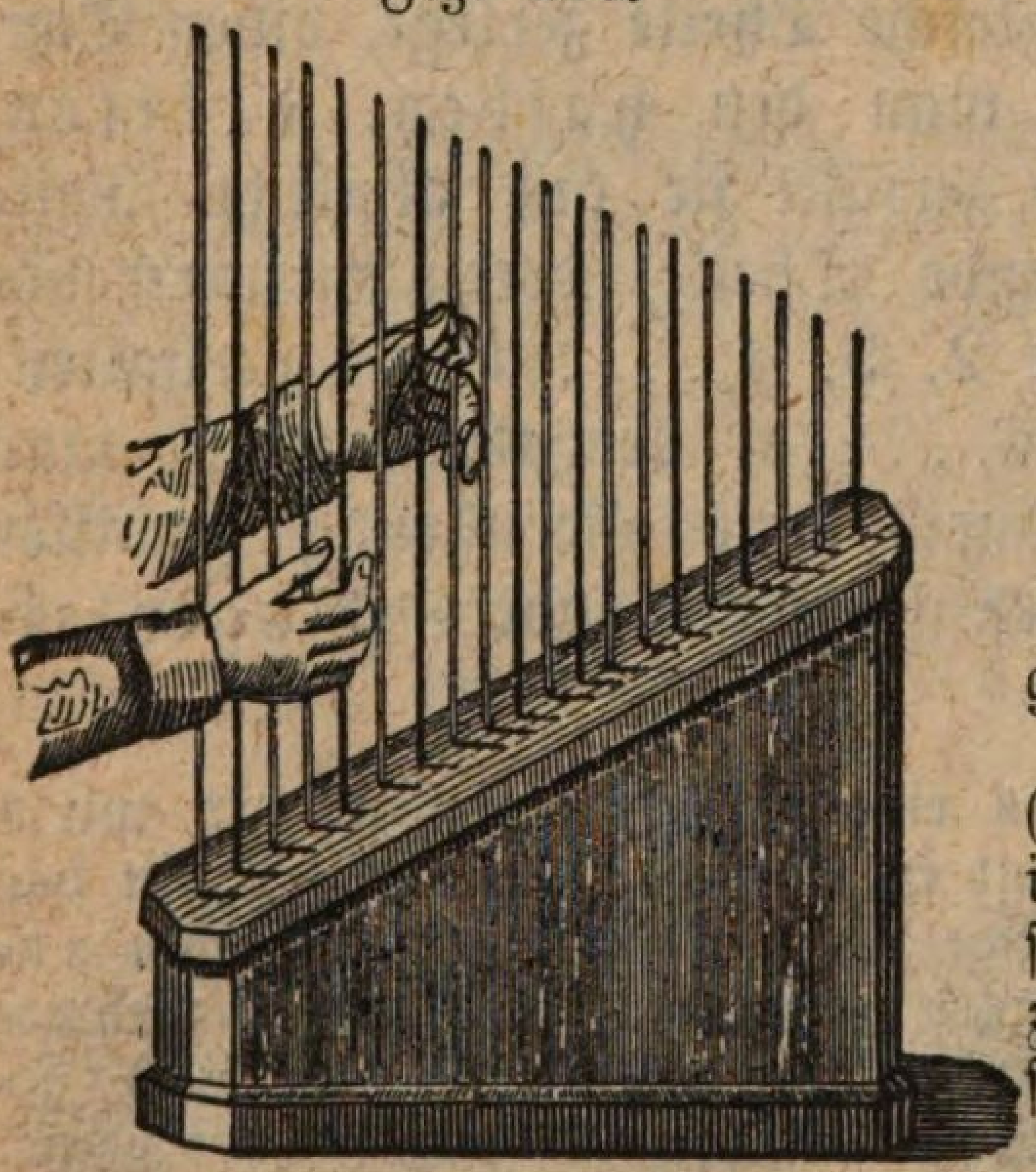
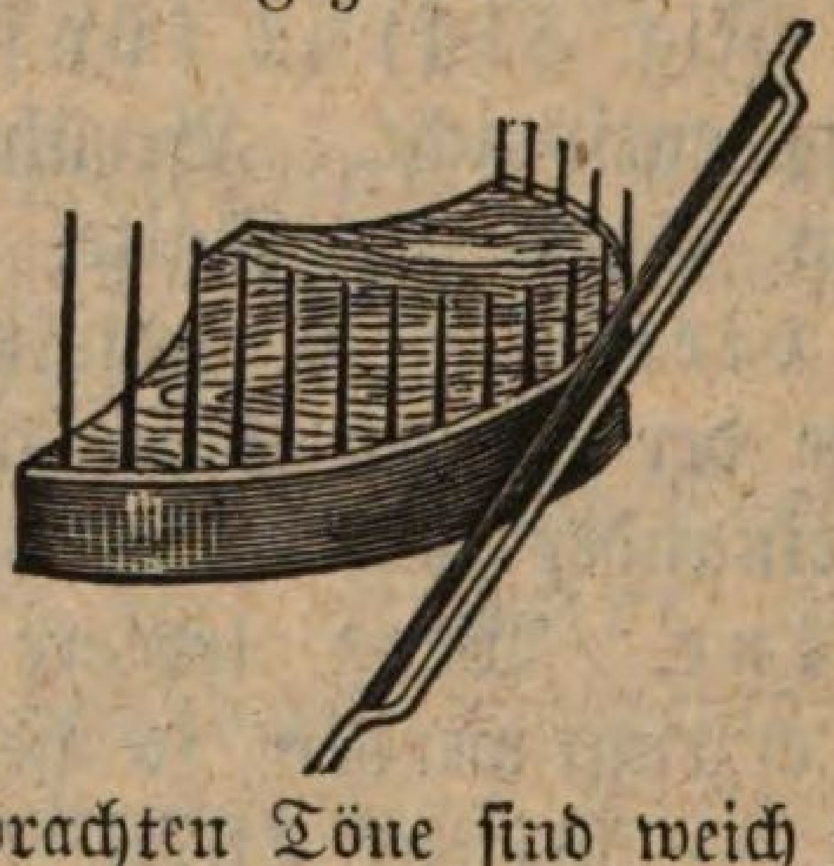


Fig. 417.

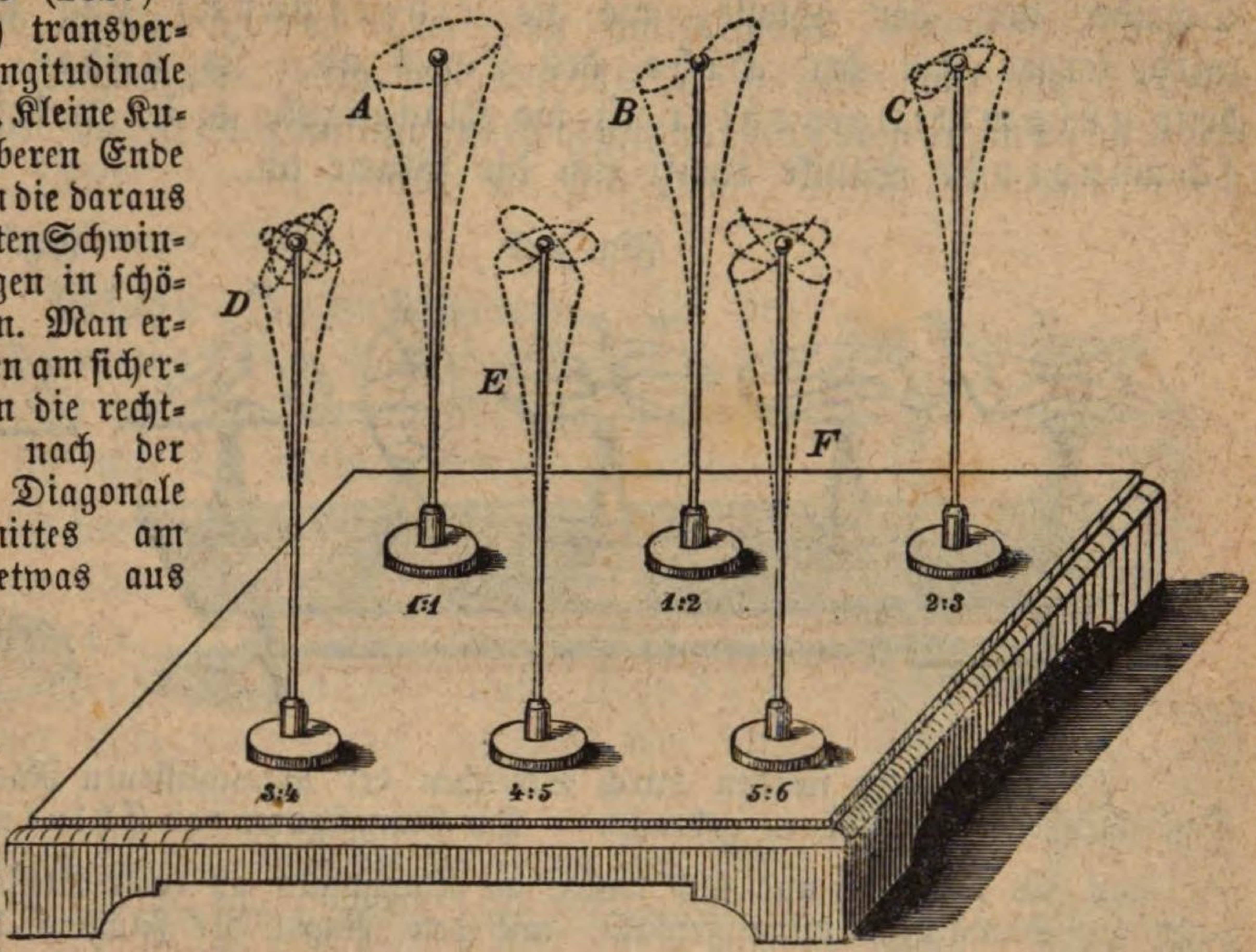


6. Bei der Eisenvioline (Fig. 417) werden abgestimmte, am Umfange eines kreisausschnittförmigen Resonanzkastens befestigte Eisenstäbe durch Streichen mit einem Haarbogen in Querschwingungen versetzt. Die hervorgebrachten Töne sind weich und angenehm.

7. Bei der Stabharfe von Marloye (Fig. 418) werden abgestimmte, hölzerne Stäbe in wohlklingende Längenschwingungen versetzt. Letzteres geschieht durch Reiben nach der Länge zwischen den Fingern, die man mit Kolophoniumstaub bedeckt hat.

Es versteht sich von selbst, daß bei allen vorstehenden Instrumenten die tongebenden Körper nach Oktaven geordnet sind, ähnlich wie bei der gewöhnlichen Harfe, beim Klavier, bei der Orgel u. s. w.

Fig. 419.



8. Beim **Kaleidophon** (Fig. 419) von **Wheatstone** (1827) combiniren sich transversale und longitudinale Schwingungen. Kleine Kugelspiegel am oberen Ende der Stäbe zeigen die daraus zusammengesetzten Schwingungsbewegungen in schönen Lichtfiguren. Man erhält diese Figuren am sichersten, wenn man die rechteckigen Stäbe nach der Richtung der Diagonale des Querschnittes am oberen Ende etwas aus der Ruhe bringt und dann frei läßt. — Der Stab A ist cylindrisch.

9. In ähnlicher Weise kann man auch andere tönende Körper mit Spiegelchen versehen und auf letztere einen kräftigen Lichtstrahl leiten. Die Schwingungen werden dann durch die Bewegung des auf eine weiße Wand geworfenen Lichtstrahles sehr gut wahrgenommen und lassen sich besser erforschen.

544. **Phonautograph.** Eine **tönende** Stimmgabel (Fig. 420), welche an der einen Zinke eine biegsame Blechspitze trägt, radirt mit letzterer auf einem berußten Glas- oder Papierstreifen, längs dem sie bewegt wird, ihre Schwingungen. Man kann hierdurch nicht nur die Form der Vibrationen, sondern auch ihre **Anzahl für eine bestimmte Zeit erfahren.** Eine derartige Vorrichtung heißt **Phonautograph** oder **Vibrograph.** Die so erhaltene Wellenlinie heißt **Tonschrift.**

Erfinder des Stimmgabel-Tonschreibers (Fig. 420) W. **Weber** i. J. 1830.

Fig. 420.

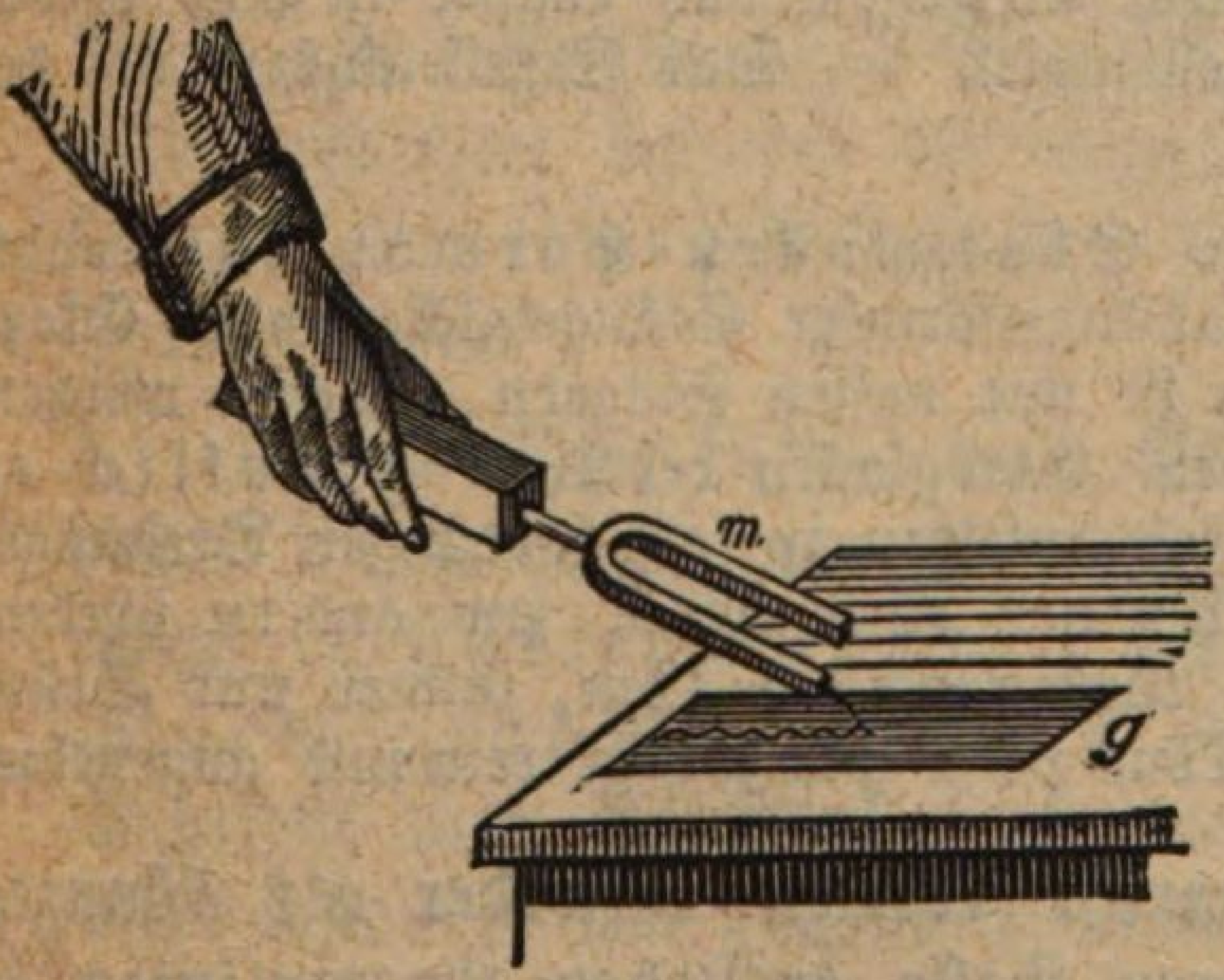
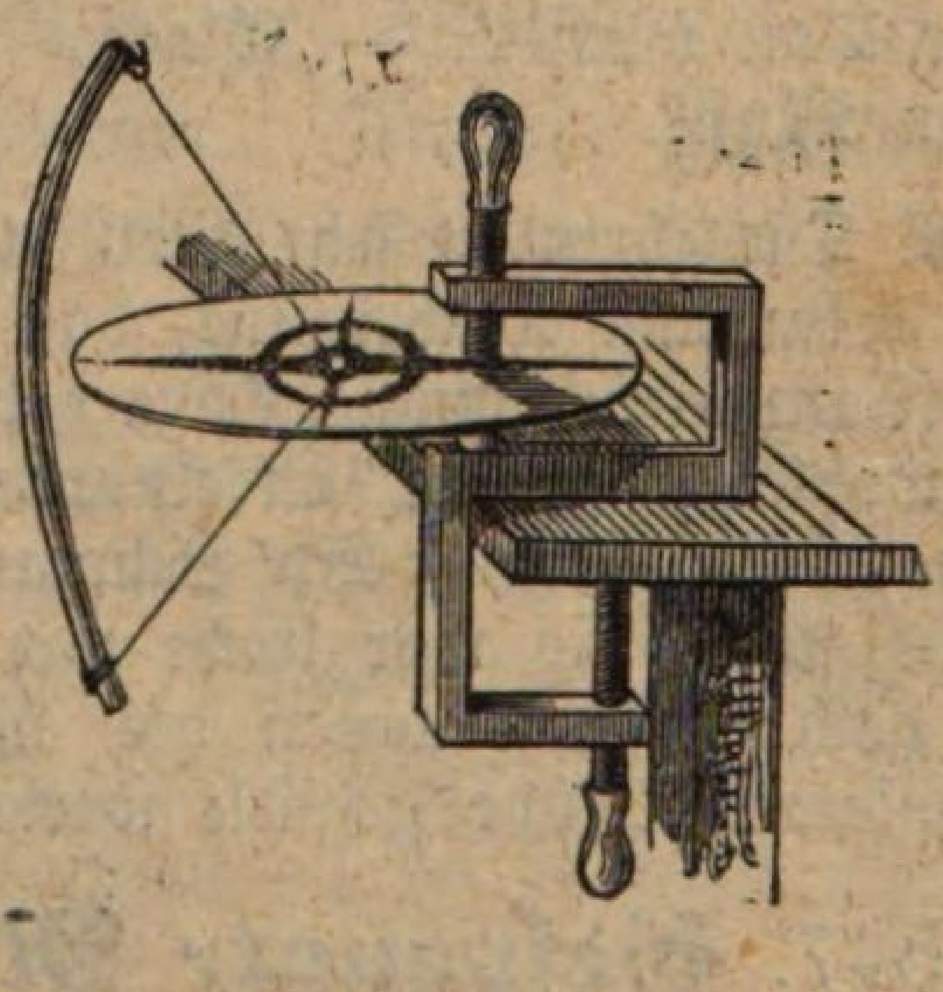


Fig. 421.



545. **Klangfiguren.** Wenn man (Fig. 421—423) auf die tönenden, wagrechten Glas- oder Metallplatten etwas trockenen Sand streut, so wird dieser von den schwingenden Stellen fortgestoßen; er sam-

melt sich an den ruhenden Punkten, d. i. an den Knotenlinien, wodurch eine Klangfigur entsteht. Die Klangfigur hängt von der Gestalt der Scheibe, von der Stelle, wo sie eingespannt und wo sie erregt wird, ferner von der Höhe des Tones ab. Je höher der Ton ist, desto zusammengesetzter ist die Klangfigur, d. h. in desto kleinere schwingende Stücke theilt sich die Platte ab.

Fig. 422.

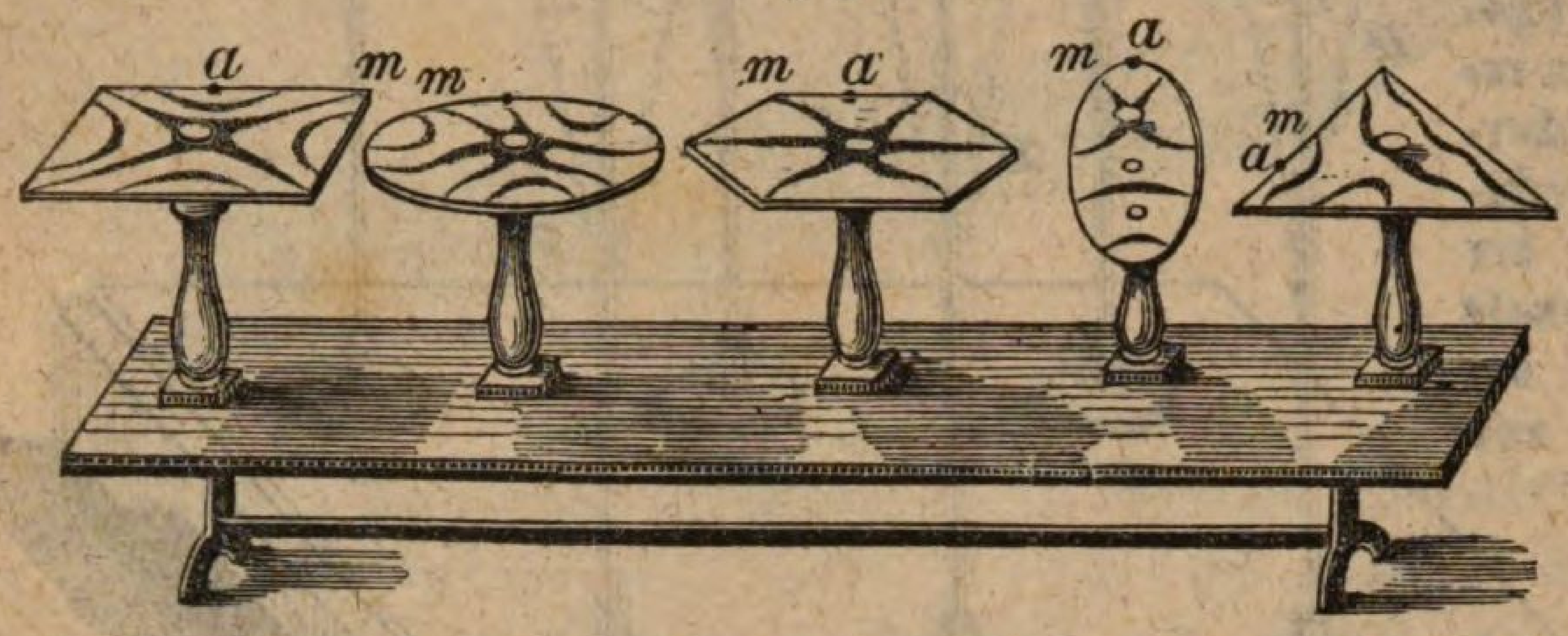
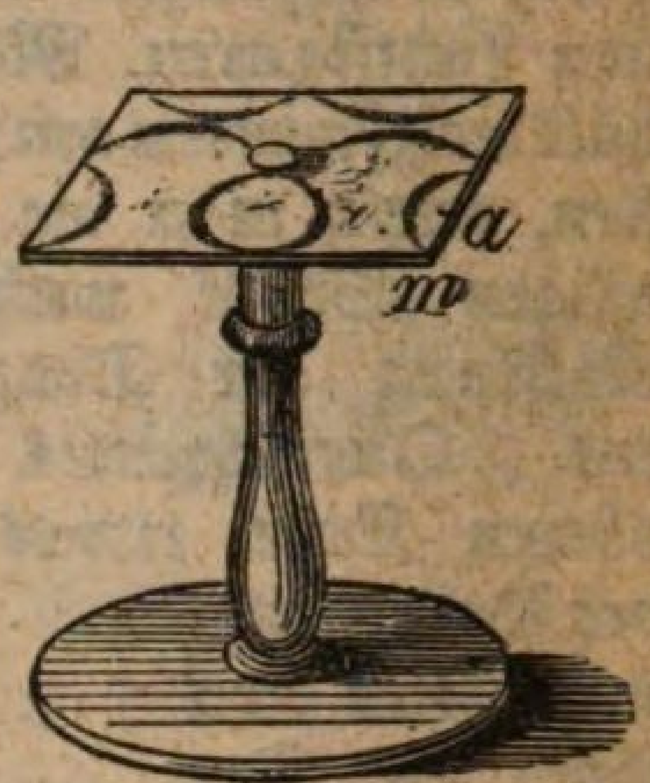


Fig. 423.



1. Die Platten werden durch Streichen der abgeschliffenen Ränder mit einem Baßgeigenbogen zum Tönen gebracht. — Die Klangfiguren von Chladni 1787 entdeckt.

2. In Fig. 422 und 423 wurde die Klangplatte an einer Stelle m, welche mit einer der Sandlinien zusammenfällt, mit dem Nagel des Fingers berührt und an einem Punkte a zwischen zwei Knotenlinien gestrichen.

3. Hierher gehören die Becken der Militärmusik, die Tam-Tam oder Gong-Gong der Chinesen mit ihren bisher unerklärten, außerordentlich starken und langdauernden Tönen.

Fig. 424.



546. **Gekrümmte Platten.** Füllt man eine Metall- oder Glasglocke (Fig. 424) theilweise mit Wasser, bestreuet dessen Oberfläche mit Hexenmehl und streicht die Glocke am Rande recht kräftig, so kann man, vermöge der Figur, welche das Hexenmehl zeigt, zwei sich rechtwinkelig kreuzende Knotenlinien deutlich wahrnehmen.

1. Nachweis der schwingenden und ruhenden Stellen mittels Pendelchen. Je größer die Glocke, desto tiefer der Ton. Durch Eingießen von Wasser in eine Glocke wird ihr Ton vertieft. — Glocken- und Schellenspiel. — Das Schellensystem bei der türkischen Musik.

2. Die ihrerzeit sehr berühmt gewesene Glasglocken-Harmonika beruhte auf der bekannten Erscheinung, daß leere, halbkugelförmige Stängelgläser oder Glasglocken (Campanen) schöne Töne geben, wenn sie mit nassen Fingern gerieben werden. Solche wohlabgestimmte, in einander geschobene Glasglocken befestigte Franklin an einer wagrechten Axe. Ein Schwungrad erhielt dieselben in gleichförmiger Drehungsgeschwindigkeit. Es war leicht mit dem Reiben von einer Glocke zur andern überzugehen; doch konnten, wegen des verzögerten Auftretens der Töne, immer nur Stücke mit langsamen Tempo gespielt werden. Die Töne selbst waren sehr rein und angenehm.

547. **Gespannte Membranen** können entweder als Ganzes oder in Theilen schwingen. Im letzteren Falle entstehen Knotenlinien in Form concentrischer Kreise.

Trommeln. — Pauken. — Pergament, Blasen, Papier, Pergamentpapier etc., wenn sie hohl gespannt werden.

548. **Membranen-Vibrograph.** Wenn man eine Membrane, die vor einen Hohlkörper gespannt ist, mit einem kleinen Vogelfederchen versieht und hinter ihr den Ton einer Saite, einer Gabel, Pfeife o. dgl. erregt, so radirt das Federchen auf einem passend bewegten berußten Glas- oder Papierstreifen die entsprechende Wellenlinie oder die Tonschrift (S. 199).

Erfinder Scott 1859.

549. **Blase-Instrumente.** In den Blase-Instrumenten ist bezüglich der Tonhöhe die Luft der maßgebende Körper, während das Rohr ihr nur die nöthige Form verleiht.

Fig. 425.

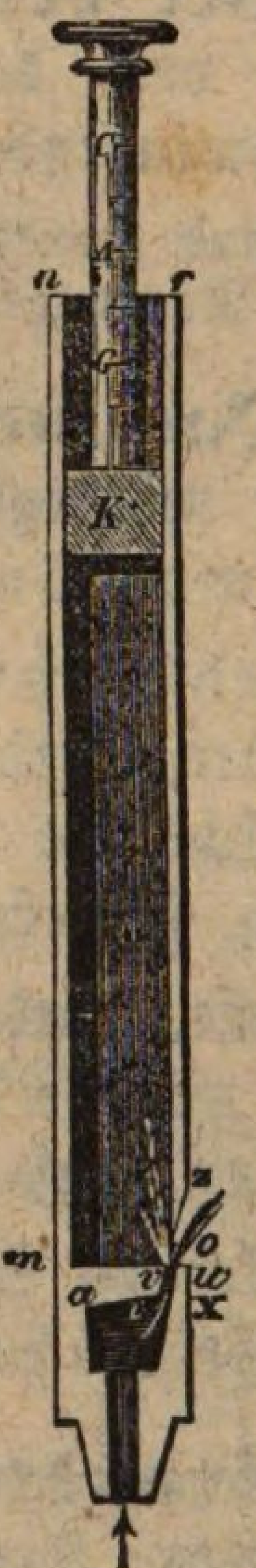
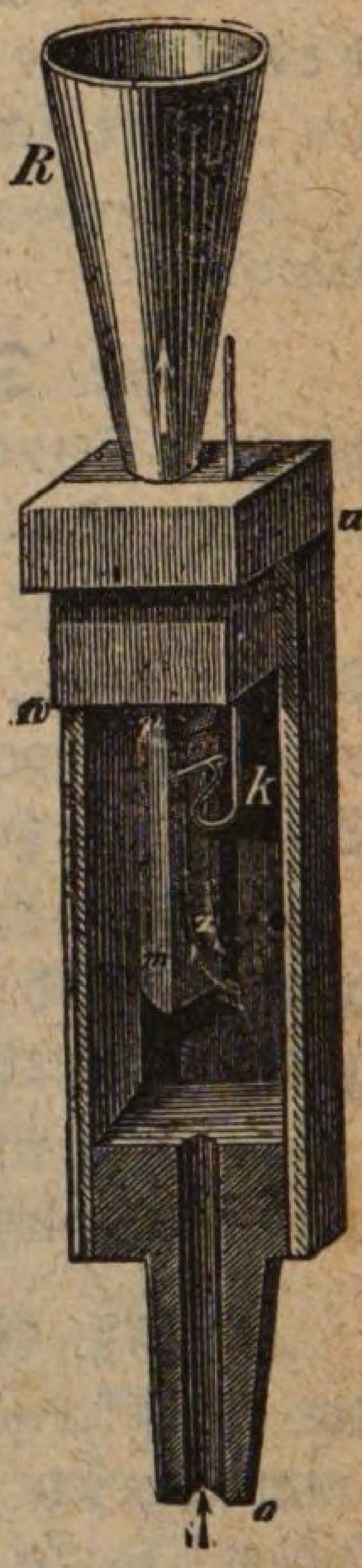


Fig. 426.



Die Schwingungen der Luft in den Blase-Instrumenten sind immer stehende Längenschwingungen. Die dabei auftretenden, abwechselnden Verdichtungen und Verdünnungen der Luft werden auf folgende Art hervorgerufen.

1. Man bläst — wie bei der Flöte, der Hirtenpfeife und der an den Orgeln gebrauchten Lippenpfeife (Fig. 425) — die Luft so ein, daß sie sich an dem schräg zugeschärften Rande einer Seitenöffnung bricht. In Folge dessen tritt ein Luftstrom in das Rohr, übt hier auf die eingeschlossene Luftsäule einen Stoß aus und versetzt sie dadurch in stehende und tönende Längenschwingungen.

2. Man bringt — wie beim Schnarrwerke oder (Fig. 426) bei der Zungenpfeife, an Orgeln, Clarinetten u. s. w. — durch Einblasen von Luft ein elastisches Plättchen, die „Zunge", und durch dieses die eingeschlossene Luftmasse in Schwingung.

3. Man bläst — wie bei der Trompete, bei dem Waldhorne u. s. w. — durch ein kesselförmiges Mundstück in das Rohr, der Länge nach, Luft ein und verdichtet dadurch die nächste Luftschichte. Dabei gerathen auch die Lippen in eine schwingende Bewegung und wirken als schwingende Zunge mit.

550. **Tonhöhe der Blase-Instrumente.** Die Tonhöhe eines Blase-Instrumentes wächst, wenn dessen Länge abnimmt, wenn es stärker angeblasen wird, oder, wenn durch einen höheren Wärmegrad die Spannkraft der schwingenden Luft größer geworden ist. Schließt man ein Blase-Instrument an seinem unteren Ende theilweise, so wird dadurch ein tieferer Ton erzielt.

Das Stimmen der Orgelpfeifen. — Dampf-Pfeifen. — Gas-Pfeifen.

Was die Lippenpfeife (Fig. 425) insbesondere betrifft, so ist, bei gleicher Stärke des Anblasens, ihr Ton 2-, 3-, 4-, 5-,....mal höher,

wenn sie 2=, 3=, 4=, 5=, ...nmal **kürzer** ist. Hievon machen nur **sehr kurze** Pfeifen eine Ausnahme.

Eine Pfeife ist entweder an **beiden** Enden **offen**, oder an dem einen derselben **geschlossen**. Im ersten Falle **heißt** sie **offen**, im zweiten **gedeckt**. Soll, unter sonst gleichen Umständen, eine gedeckte Pfeife denselben Ton wie die offene geben, so braucht sie nur **halb** so lang als die offene zu sein.

Die Hauptgesetze für die Pfeifen hat Dan. **Bernoulli** 1762 gefunden.

551. **Bei den Zungenpfeifen** (Fig. 426) hängt die **Höhe des Tones** von der Schnelligkeit der Zunge und von der Länge der im Rohre schwingenden Luftsäule ab.

Mund= und Handharmonika. — Kindertrompetchen. — Orgelwerke. — Pfeifen=Spielwerke. — Normalpfeifchen für Chöre statt der Stimmgabel.

552. **Das menschliche Stimmorgan** ist eine Art Zungen=pfeife. Seine wichtigsten Theile sind: Die **Luftröhre**, der **Kehlkopf** und die **Stimmbänder**.

Der **Kehlkopf** ist der obere Theil der Luftröhre. An der inneren Wand desselben befinden sich vier elastische Häutchen, die **Stimm=bänder**, welche die Luftröhre bis auf eine kleine dreieckige Spalte, die **Stimmritze**, schließen.

Die Luft, welche beim Athmen unhörbar durch die Stimmritze dringt, wird **tönend**, wenn die Stimmbänder mittels der Muskeln so gespannt werden, daß sie in Schwingungen gerathen.

Je stärker die Stimmbänder gespannt sind und je enger die Stimm=ritze wird, desto **höher** wird der Ton.

553. **Grundton und Obertöne.** Die Klänge der Saiten und der musikalischen Instrumente sind, nach **Helmholtz**, aus Tönen zu=sammengesetzt, welche zu einander in dem Verhältnisse wie 1 : 2 : 3 : 4 stehen (§. 542). **Alle diese Töne erklingen auf einmal**, und man glaubt einen einzigen Ton zu hören und zwar von der Höhe des **Grund=tones** mit der Verhältnißzahl 1, d. i. des **tiefsten** aller dieser Töne. Und dieß daher, weil der Grundton in der Regel am **stärksten** ist.

Die höheren Töne (mit der den Schwingungen entsprechenden Ver=hältnißzahl 2, 3, ...), welche diesen Ton begleiten, heißen **Obertöne** des betreffenden Grundtones.

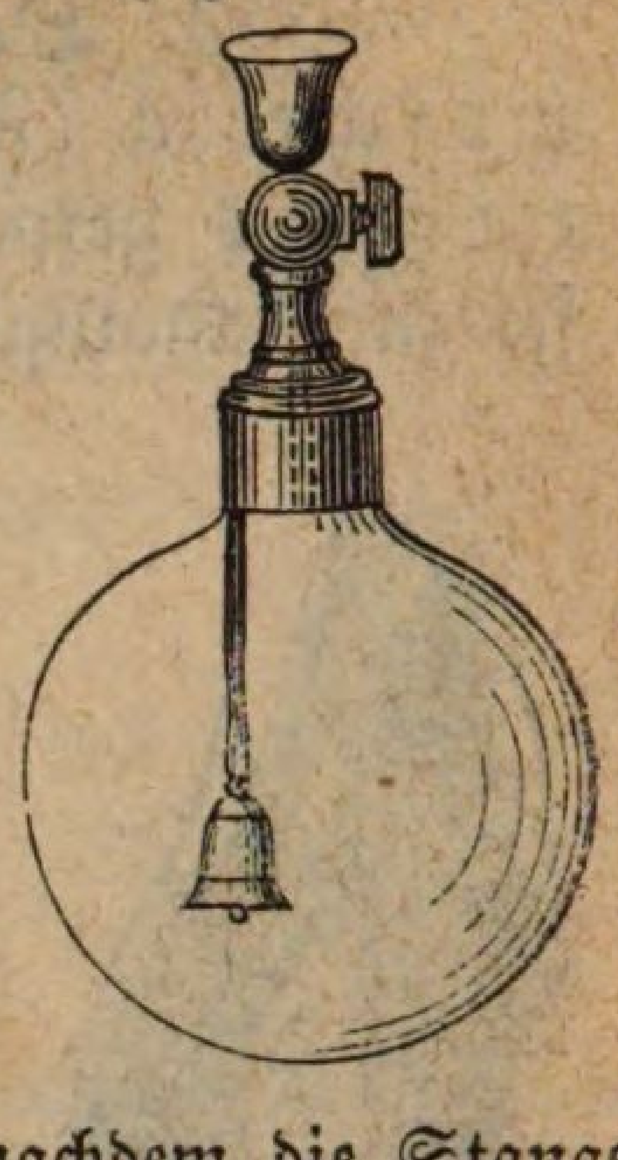
554. **Klangfarbe.** Von der **Höhe**, **Stärke** und **Anzahl** der dem Grundton beigemischten Obertöne hängt die Eigenthümlichkeit des Klanges oder die Klangfarbe ab. — **Ohm** 1843.

Der **Grundton** der Klänge gibt den Ausschlag, wenn man ein musikalisches Instrument stimmt.

B. Die Fortpflanzung des Schalles.

555. **Die Fortpflanzung des Schalles.** Der Schall wird durch **Schallmittel** zum Ohre fortgepflanzt.

Fig. 427.



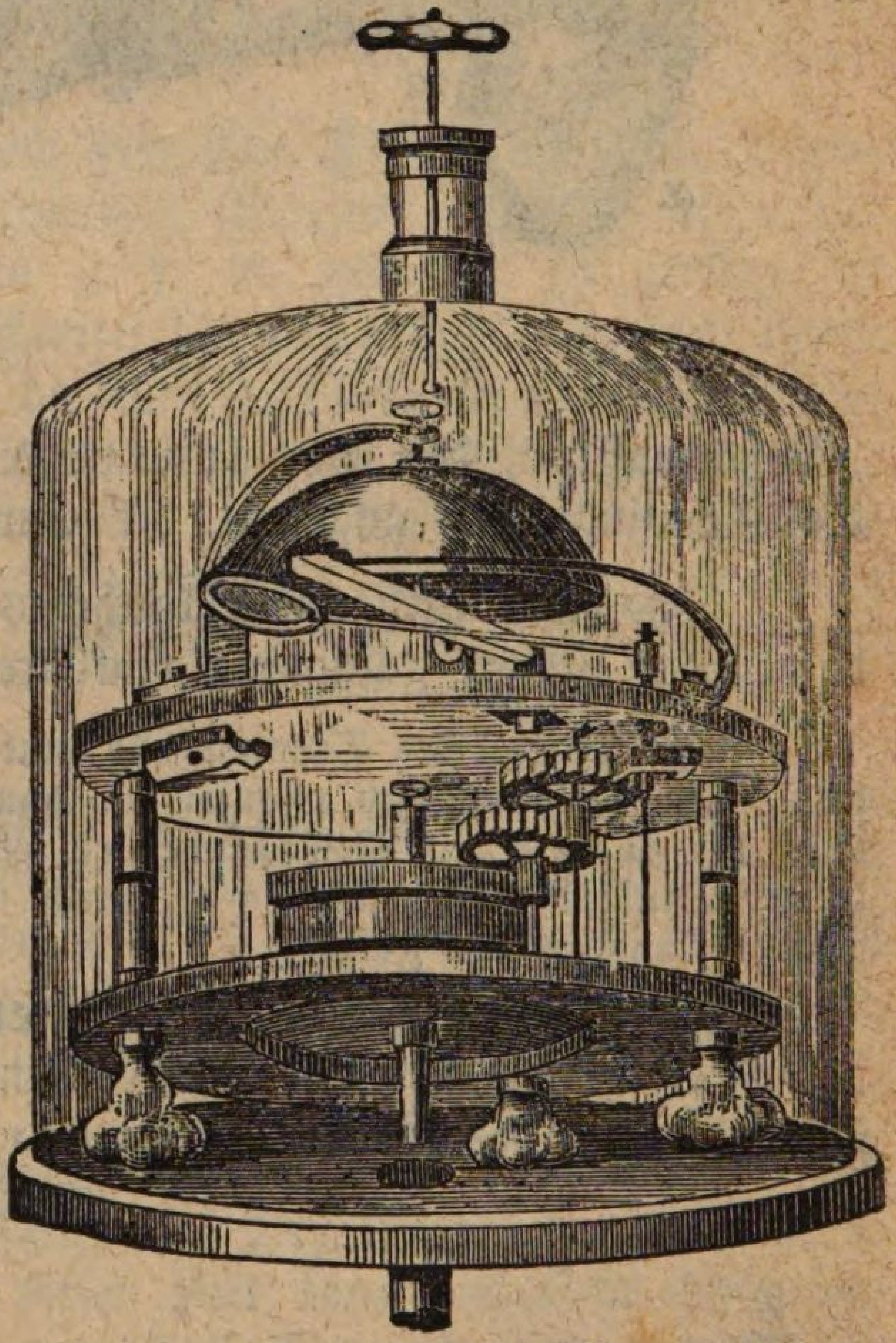
Das gewöhnliche Schallmittel ist die atmosphärische Luft. Auch jeder andere gasförmige, tropfbarflüssige oder feste Körper ist zum Schallmittel geeignet, wenn er in hinreichendem Grade elastisch ist.

Beispiele. 1. Das Glöckchen (Fig. 427) hört man beim Rütteln des Ballons tönen, wenn in diesem irgend ein Gas oder ein Dunst enthalten ist.

2. Der Schall zweier Steine, die man unter dem Wasser aneinanderschlägt, wird sowol inner- als außerhalb des Wassers, in mäßiger Entfernung, vernommen.

3. Bringt man an das eine Ende einer Stange das Ohr, und an das andere eine Taschenuhr, so hört man das Ticken der letzteren sogar stärker als durch die atmosphärische Luft allein, nachdem die Stange weggenommen worden ist.

Fig. 428.



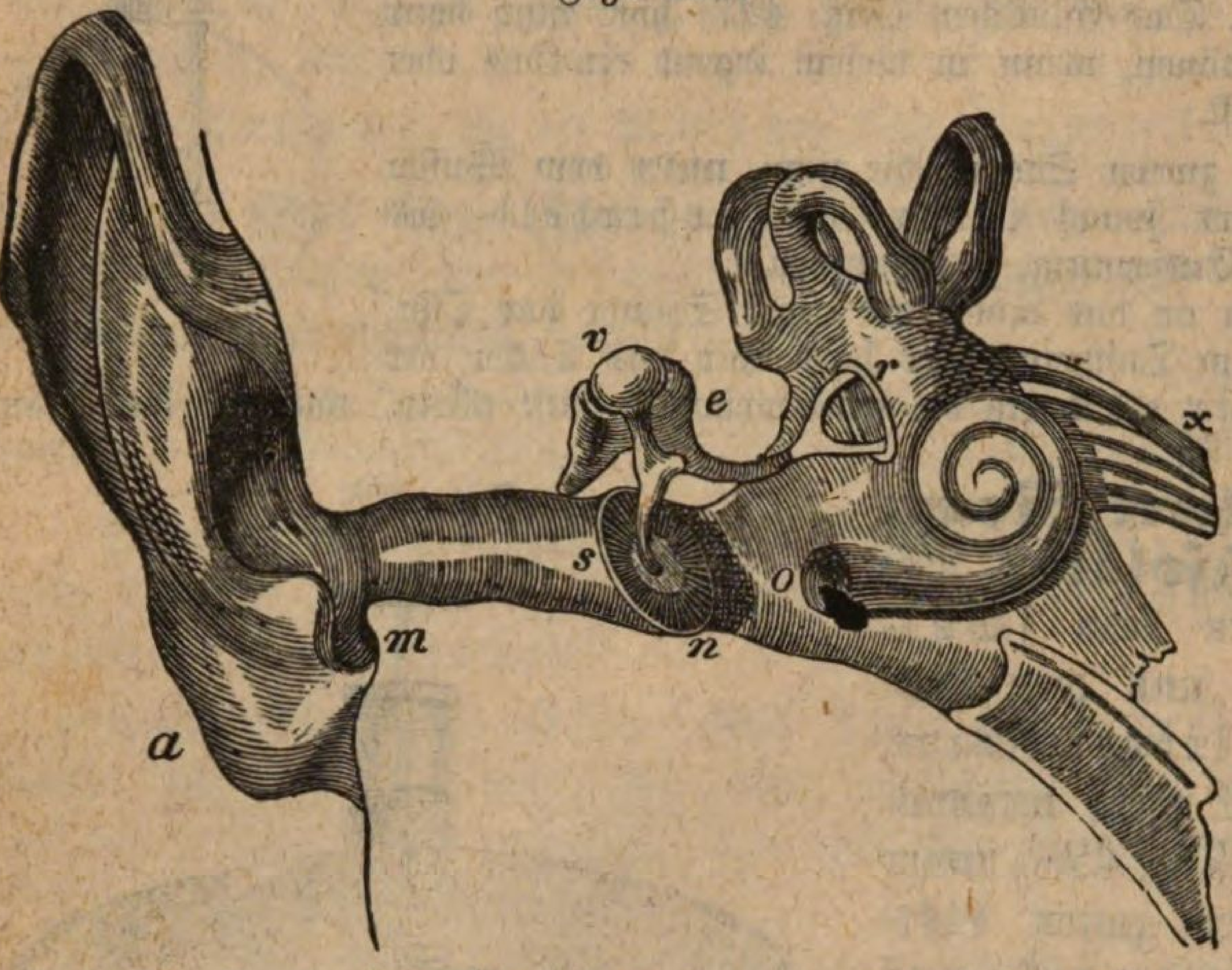
556. **Der leere Raum ist ein Schall-Isolator.** Befindet sich zwischen dem schallenden Körper und dem Gehörorgane ein leerer Raum, so wird der Schall nicht vernommen. Stellt man (Fig. 428) unter die Glasglocke einer guten Luftpumpe ein Schlagwerk auf schall-isolirende Mittel d. i. auf eine Unterlage, welche den Schall fast gar nicht fortpflanzt, z. B. auf Wolle, Flaumfedern u. dgl. und verdünnt die Luft; so wird der Schall immer schwächer, bis er endlich, wenn der Recipient nahezu luftleer geworden ist, fast verschwindet. Man wird nun wohl die Bewegung des auf die Glocke schlagenden Hammers sehen, aber nichts hören. Sobald die Luft in den Recipienten eingelassen wird, vernimmt man den Schall wieder.

557. **Schallwellen.** Denkt man sich, der in der Luft tönende Körper sei eine Kugel, so entstehen fortschreitende Schwingungen. Die sich bildenden Wellen heißen hier Schallwellen, weil sie auf das Gehörorgan jene Stöße ausüben, welche die Empfindung des Schalles bewirken. Ist der tönende Körper nicht kugelförmig, so wird, wie sich durch tiefere Betrachtungen zeigen läßt, die Schallwelle dennoch in einiger Entfernung von der Schallquelle kugelförmig.

558. **Schallstrahl.** Jede gerade Linie, welche vom Mittelpunkte der Schallwelle, d. i. von der Schallquelle, gegen die Oberfläche der kugelförmigen Schallwelle gezogen wird, heißt Schallstrahl. Derselbe gibt die Richtung an, in welcher die Theilchen der Wellen schwingen.

559. **Das Gehör.** Die Schallwellen werden von der Ohrmuschel a (Fig. 429) aufgefangen, und durch den Gehörgang mn an ein feines gespanntes Häutchen, das Trommelfell s geleitet, welches sie in Schwingungen versetzen.

Fig. 429.



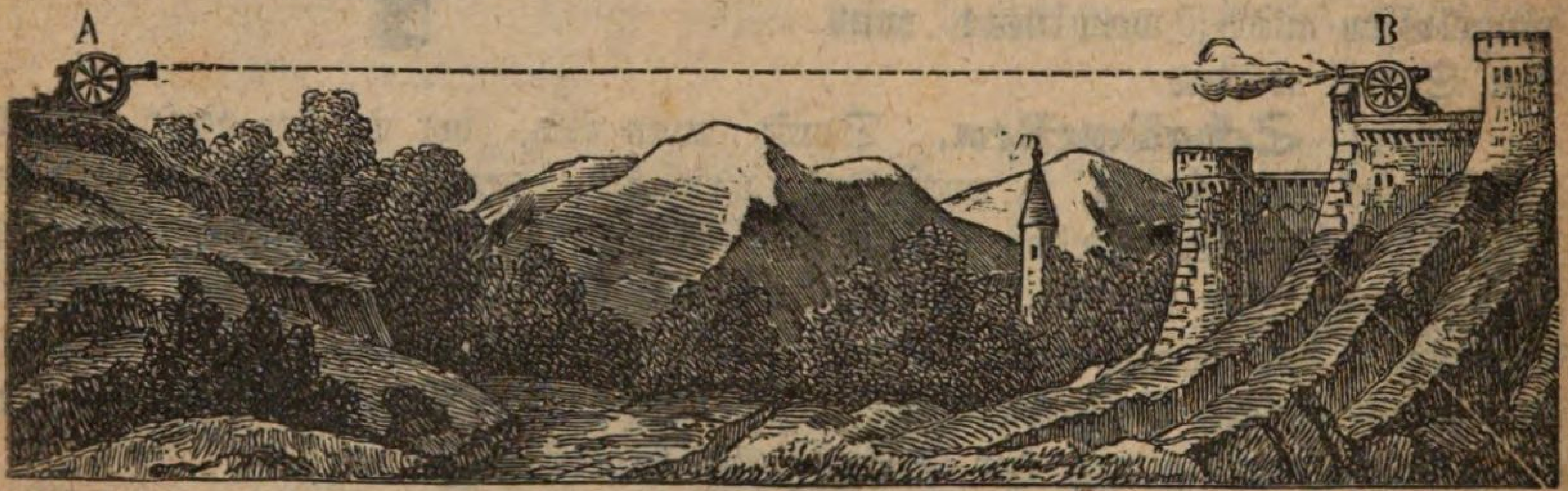
Die Schwingungen verpflanzen sich, vermittels der Gehörknöcheln ve (Hammer, Ambos und Steigbügel) zu dem gespannten ovalen Häutchen r. Durch dieses Häutchen r gelangt endlich die Bewegung in das Innere des Labyrinthes. Hier breitet sich in einer Feuchtigkeit, dem „Gehörwasser", der Gehörnerv x mit seinen Fasern aus, welche, durch die Schwingungen angeregt, die Empfindung des Hörens erzeugen.

Das runde gespannte Häutchen o dient vermuthlich zum Nachgeben, wenn das innere, schwer zusammendrückbare Gehörwasser in Schwingungen geräth.

Der Verlust des Trommelfells und der Gehörknöchelchen bedingen nicht Taubheit. Die Schwingungen pflanzen sich dann durch die Luft zum ovalen Fenster fort. Nur der Mangel an Gehörfeuchtigkeit oder die Lähmung der Gehörnerven ziehen immer Taubheit nach sich. — Durch Unreinlichkeit verstopfte Ohren haben zeitweilige Taubheit zur Folge.

560. **Geschwindigkeit der Fortpflanzung des Schalles.** In B (Fig. 430) werde Nachts eine Kanone abgefeuert. Weil die Geschwindigkeit des Lichtes sehr groß ist (312.000 Kilometer, nahezu

Fig. 430.



42000 Meilen in der Sekunde), so kann man annehmen, daß in dem von B etwa 15 Kilometer entfernten Orte A das Aufblitzen des Pulvers allsogleich wahrgenommen wird. Den Schall hört man in A erst später.

Da beim Abfeuern einer Kanone Licht und Knall gleichzeitig entstehen, so hat der Schall eine gewisse Zeit t gebraucht, um den Weg s von B bis A zurückzulegen. Wurde in A jene Zeit t an einer sehr genauen Uhr beobachtet und ist die Länge des Weges A B bekannt, so läßt sich die Geschwindigkeit des Schalles nach der Formel:

$$\text{Geschwindigkeit} = \frac{\text{Weg}}{\text{Zeitsekunden}} \left(\text{§. } 167,\ c = \frac{s}{t}\right) \text{ berechnen.}$$

Auf ähnlichem Wege hat man erfahren, daß der Schall in trockener, gleichmäßig warmer Luft bei 0^0 C. 332·8 Meter (1053 W. Fuß) in einer Sekunde zurücklegt.

1. Man wählt bei den Versuchen behufs Ermittlung der Schallgeschwindigkeit gern zwei Erhöhungen (Fig. 490) oder eine weit gestreckte Ebene; warum? — Entscheidende Versuche 1738 in Frankreich.

2. Aufgaben über die Entfernung des Feindes, eines Gewitters u. dgl. m. aus dem Unterschiede der Zeit zwischen dem Auftreten des Blitzes und des Schalles.

561. **Zurückwerfungsgesetz für die Schallwellen.** Wenn eine Schallwelle aus der Luft an Felswände, Bäume, Wolken, an minder dichte oder dichtere Luftmassen u. s. w. gelangt, so zerlegt sie sich in zwei Wellen. Von diesen schreitet die eine Welle in dem neuen Stoffe weiter, die andere wird in die Luft zurückgeworfen. Hiebei verhält es sich ganz so, als ob die Schallwelle eine elastische Kugel wäre, welche an eine Wand stößt (§. 271). Die zurückgeworfene Schallwelle ist fähig, im Gehörorgane eine Empfindung zu erregen, vermöge welcher man den schallenden Körper dort sucht, von wo die Zurückwerfung erfolgt.

562. **Widerhall oder Echo** entsteht, sobald der zurückgeworfene Schall deutlich von dem ursprünglichen unterschieden werden kann. Dieß ist nur möglich, wenn der zurückgeworfene Schall erst dann ankommt, wenn der ursprüngliche bereits gehört worden ist, und das Ohr schon wieder für eine neue Anregung empfindlich ist.

Das menschliche Ohr vermag in der Sekunde nur etwa neun Laute von einander deutlich zu unterscheiden. Der Eindruck eines Lautes dauert also $^1/_9$ Sekunde. Während dieser Zeit kann das Ohr einen andern Laut nicht deutlich wahrnehmen. Soll demnach der zurückgeworfene Schall von dem ursprünglichen deutlich unterschieden werden, so muß er $^1/_9$ Sekunde später an das Ohr kommen, als jener.

Erregt der Hörende einen Schall, so muß der Ort der Zurückwerfung, wenn ein Echo entstehen soll, wenigstens so weit von demselben sich befinden, daß der Schall zum Hin- und Hergehen $^1/_9$ Sekunde nöthig hat. In einer Sekunde legt der Schall 332.8 Meter zurück, also in $^1/_9$ Sekunde 37 Meter (etwas über 116 Fuß).

Der Schall hat folglich bis zum Orte der Zurückwerfung und wieder zurück 37 Meter zu durchlaufen. Der Ort der Zu-

rückwerfung muß daher mindestens 18·5 Meter (58 Fuß) vom Ohre des Beobachters entfernt sein, wenn sich ein Echo erzeugen soll.

563. **Mehrsilbiges Echo.** Ein einsilbiges Echo gibt nur die letzte Silbe des ausgesprochenen Satzes; die zurückwerfende Wand ist dann mindestens 58 Fuß vom Ohr entfernt. Wiederholt das Echo 2, 3, 4, 5, . . . Silben vom Ende des Satzes, so heißt es mehrsilbig, und verlangt eine 2=, 3=, 4=, 5mal größere Entfernung des Ortes der Zurückwerfung als ein einsilbiges.

17silbiges Echo im Park des englischen Schlosses Woodstock.

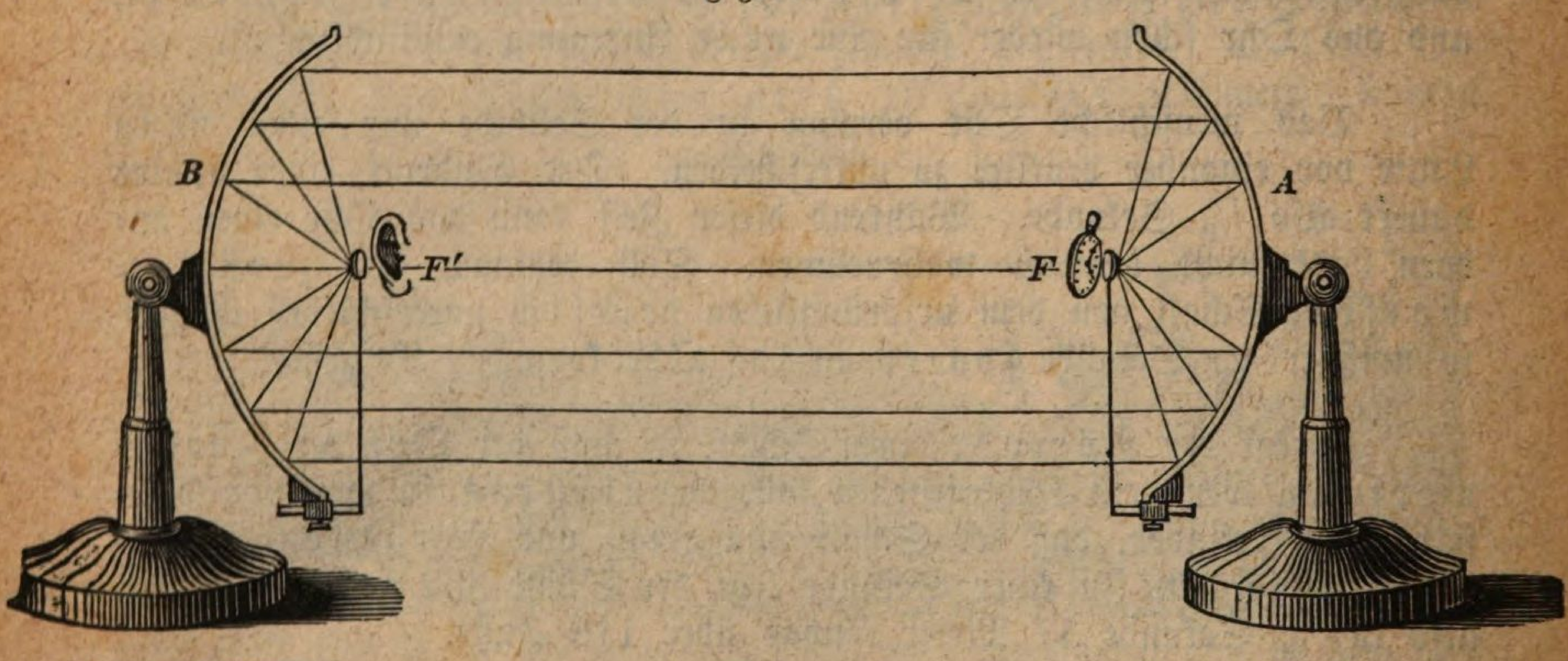
564. **Mehrfaches Echo.** Wird die letzte Silbe einigemal gehört, so heißt das Echo mehrfach. Bei demselben wird die Schallwelle durch zwei Wände, die sich entweder parallel gegenüberstehen oder durch mehrere Wände, welche unter einem Winkel an einander stoßen, zurückgeworfen.

1. 20faches Echo im Hofe des Landhauses Simonetta bei Mailand.
2. Bei Adersbach in Böhmen ist ein siebensilbig=dreifaches Echo.
3. Aufsuchen der Echo in berg= und waldreichen Gegenden. — Veränderliches Echo.
4. Mauern, Felsen, Bäume, Wolken, Segel, verschieden erwärmte und verschieden dichte Luftschichten als Ursachen des Echos.

565. **Nachhall.** Ist der Ort der Zurückwerfung weniger als 18·5 Meter (58 Fuß) vom Ohre entfernt, so fällt der zurückgeworfene Schall theilweise mit dem ursprünglichen zusammen. Er kann daher nicht mehr von dem letzteren unterschieden werden, verstärkt nur denselben, verlängert seine Dauer und heißt Nachhall.

566. **Schallspiegel** *). Man stelle (Fig. 431) in größerer Entfernung (etwa 10 Meter) zwei metallene sphärische Hohlspiegel mit ihren

Fig. 431.



*) Erst an betreffender Stelle bei den sphärischen Hohlspiegeln in der Optik vorzunehmen (pg. 218).

Axen zusammenfallend auf. Nun hänge man in dem Brennpunkt F des einen Spiegels eine Uhr auf, so werden die Schallstrahlen auf den Hohlspiegel A geworfen, den sie in paralleler Richtung verlassen. Bei B treffen diese Strahlen den zweiten Hohlspiegel, von dem sie nach seinem Brennpunkte F′ geworfen werden. Hier hört man dann, vermöge der vereinigten Schallstrahlen, das Ticken der Uhr viel stärker, als an einem dem Spiegel A näheren Punkte, wo die Schallstrahlen, als vereinzelt, zu schwach sind.

1. Bei Zeichnung des Strahlenganges FABF′ ... muß stets der Reflexionswinkel gleich dem Einfallswinkel gezeichnet werden.

2. Da der Kopf bei kleinen Schallspiegeln zu viele Strahlen vom Spiegel abhält, so bedient man sich einer Hörröhre, die man dann auch beim Vergleichen mit anderen Stellen zwischen F und F′ behält.

Fig. 432.

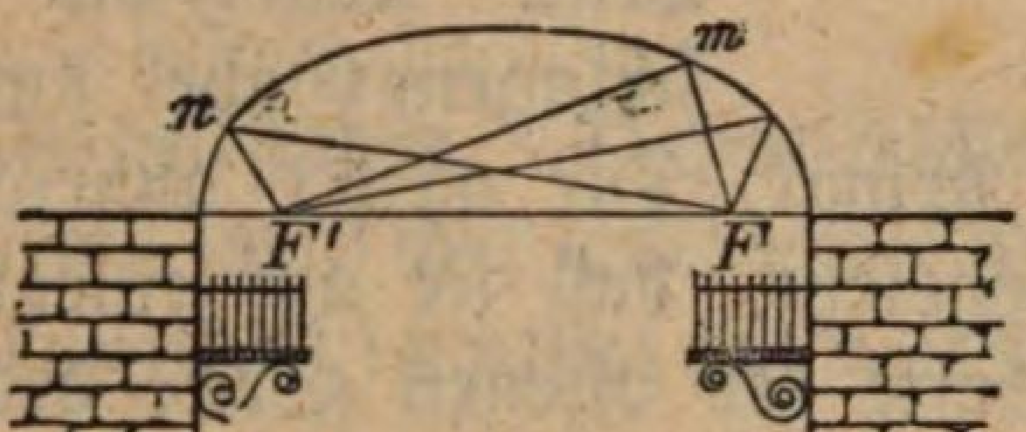
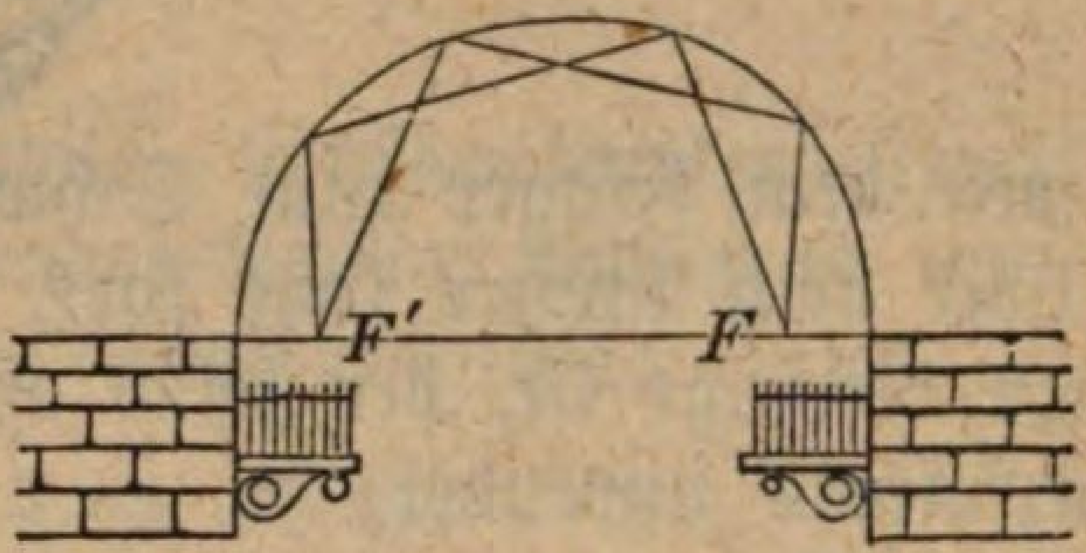


Fig. 433.



3. Derartige Zurückwerfungen des Schalles finden sich an elliptischen (Fig. 432) oder kugelförmigen Gewölben (Fig. 433), z. B. bei der Flüstergallerie in der Paulskirche zu London, in der Halle der gewerblichen Sammlungen in Paris.

567. **Resonanz.** Ein tönender Körper kann in einem anderen elastischen, gleich oder ähnlich gestimmten Körper entweder bei unmittelbarer Berührung oder durch Luftwellen derartige Schwingungen erregen, daß er mitklingt und den ursprünglichen Ton verstärkt. Diese Verstärkung heißt Resonanz.

1. Bei Saiteninstrumenten wird der Ton sowol durch das Mitschwingen des dünnen elastischen Holzes vom Kasten, als auch der in dem letzteren eingeschlossenen Luft verstärkt. — Resonanzkästen der Geigen, Guitarren, Harfen, Klaviere etc.

2. Verstärkung des Tones einer Stimmgabel durch angepaßte Resonanzkästen (Fig. 435) und der Maultrommel durch die Luft der Mundhöhle, durch die Zähne und Kopfknochen.

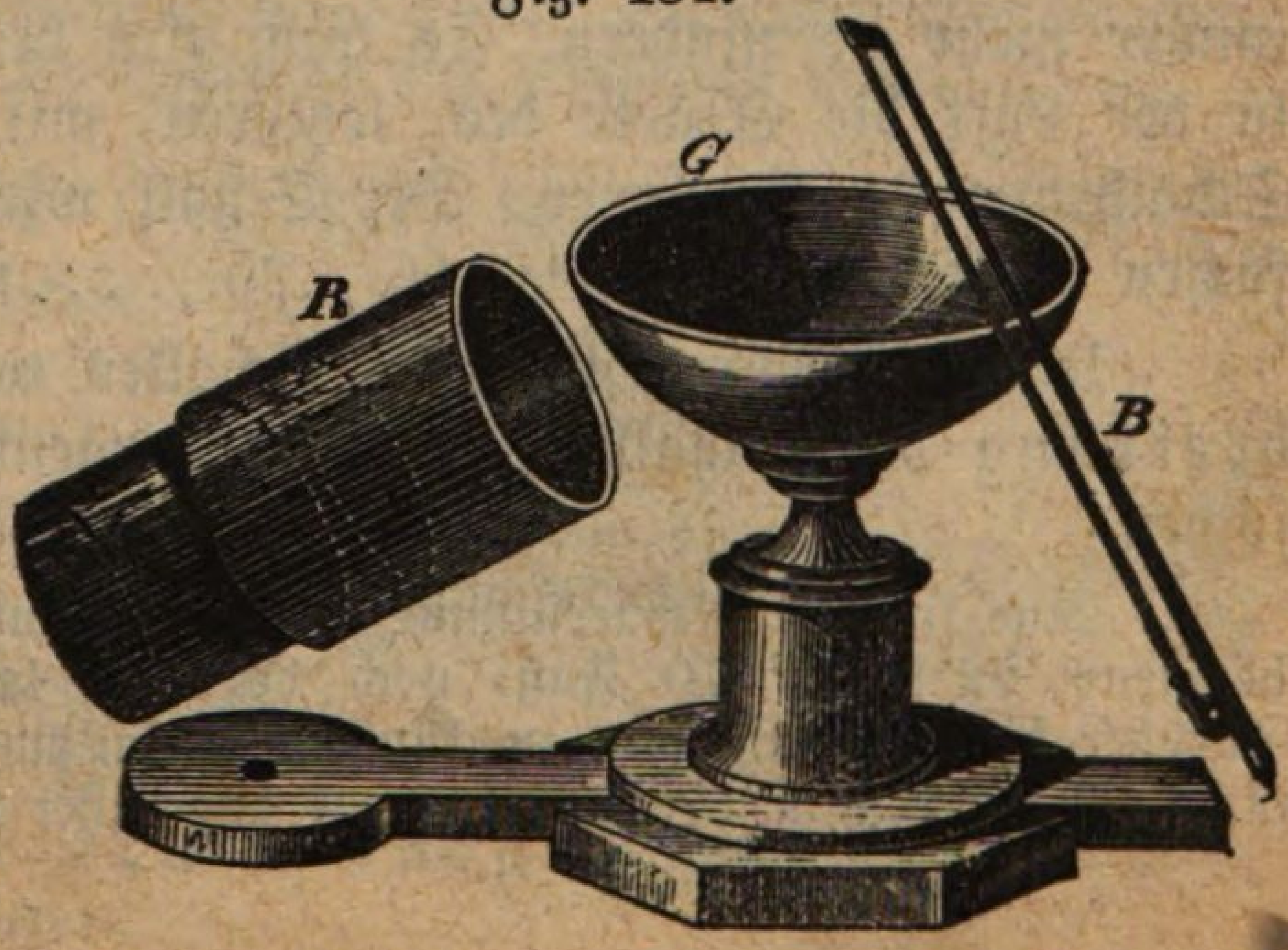
3. Verbindet man zwei gleiche Klangscheiben durch einen Stab und versetzt die eine davon in Schwingungen, so zeigen beide dieselben Klangfiguren. — Resonanz-Concerte.

4. Warum gibt man den Orchestern, Bühnen, Kanzeln und Kathedern ein Podium? und den Prediger-Kanzeln Schalldeckel?

568. **Die Resonanz-Röhre.** Eine tönende Glocke (Fig. 434) bringt eine nahe und begrenzte Luftsäule von gewisser Länge zum Mittönen, wodurch der ursprüngliche Ton auffallend verstärkt wird.

1. Die Länge der Luftsäule kann durch Ausziehen der engeren Papierröhre aus jener bei R und ihr Abstand durch Verschieben ihres Trägers geändert und in

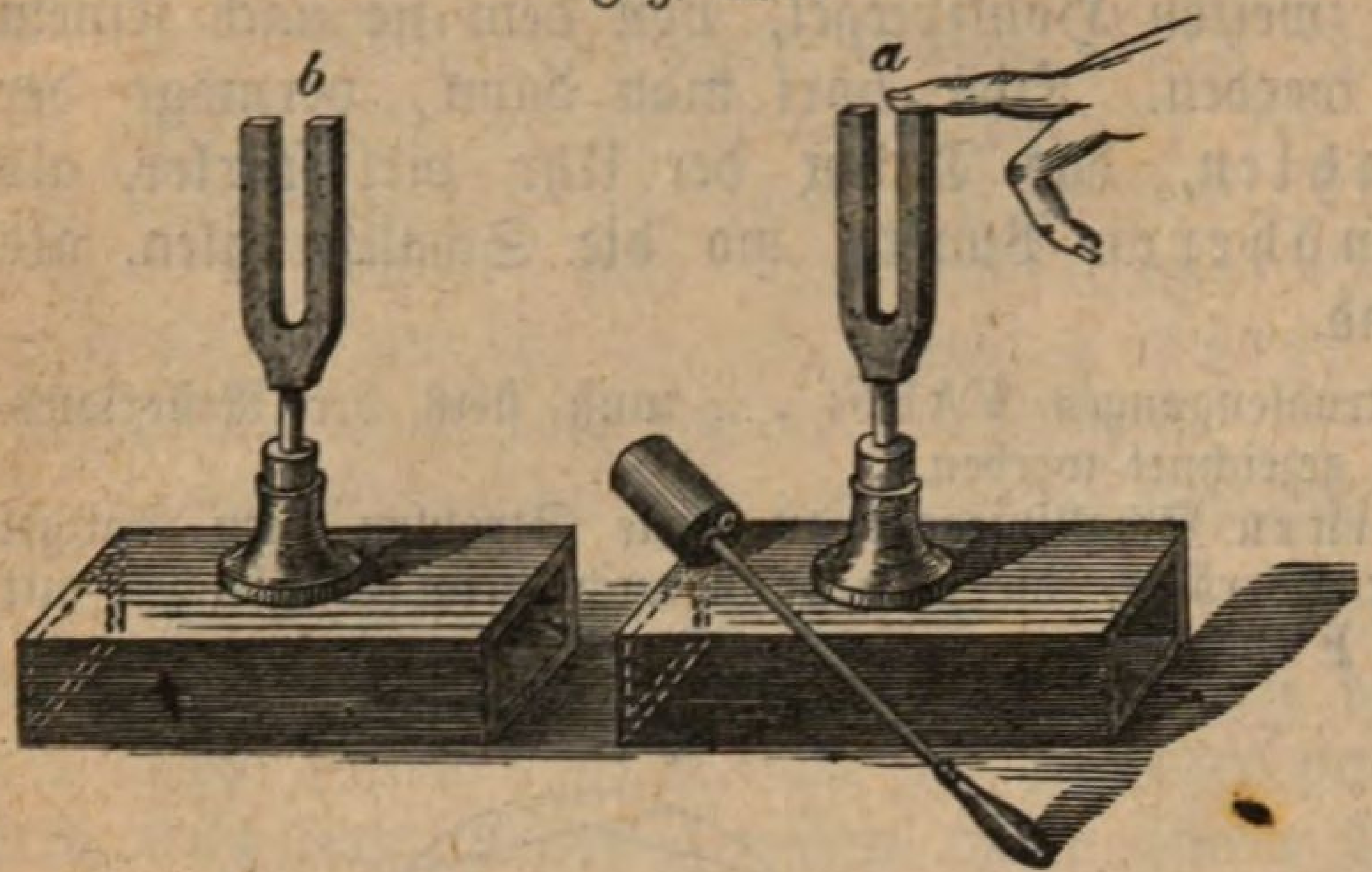
Fig. 434.



das richtige Verhältniß für die stärkste Resonanz gebracht werden. — Resonatoren. — Das Streichen oder Anschlagen der Glocke.

2. Die eingehendsten Studien über die Resonanz machte Savart seit 1819.

Fig. 435.



569. **Mittönende Stimmgabeln.** Schlägt man eine Stimmgabel (Fig. 435) mit einem weichen Klöppel (Tampon) an, so tönt auch eine zweite, unweit davon stehende, gleichgestimmte Gabel mit. Man überzeugt sich davon, wenn man die angeschlagene Gabel durch Berühren mit dem Finger zum Schweigen bringt. Die nicht angeschlagene Gabel tönt noch immer laut fort, vorausgesetzt, daß sie auf einem Resonanzkasten befestigt ist, der seine offene Seite der offenen Seite des ersten Resonanzkastens zuwendet.

570. **Die Schallstärke abhängig von der Erregung.** Je größer die Masse des schallenden Körpers ist, je schnellere und weitere Schwingungen er macht; desto mehr wird das Schallmittel verdichtet und verdünnt, desto stärker ist also der erzeugte Schall.

571. **In der Richtung,** nach welcher der Schall ursprünglich erregt wird, ferner in der Richtung des Windes vernimmt man ihn am stärksten.

Beispiele. 1. Man hört einen Redenden besser, wenn man vor ihm steht.

2. Der Knall einer Kanone ist nach jener Seite am stärksten, nach welcher die Mündung des Laufes gekehrt ist.

3. Je nach der Richtung des Windes hört man an manchen Tagen das Glockengeläute des nahen Ortes; an anderen Tagen wieder nicht.

572. **Die Stärke des Schalles bezüglich der Entfernung.** Eine Schallwelle breitet sich in der Luft immer mehr aus, je weiter sie fortschreitet. Die von der nämlichen Kraft bewegte Masse wird daher immer größer, folglich die Verdichtung und Verdünnung immer kleiner, etwa so, wie bei den Wasserwellen Berg und Thal sich immer mehr vermindern. Es muß also bei der Fortpflanzung des Schalles in der Luft die Stärke des letzteren mit der Entfernung vom Orte der Schallerregung abnehmen. Der Schall wird in einer 2-, 3-, 4-, 5-,... n fachen Entfernung 4-, 9-, 16-, 25-,.... n^2mal schwächer.

Um der Schwächung des Schalles vorzubeugen, muß man die Ausbreitung der Schallwellen durch irgend ein Mittel zu verhindern suchen.

Eine kräftige Rednerstimme hört man nach vorne in einer Entfernung von höchstens 22 Meter (70 Fuß) noch deutlich; lautes Rufen vernimmt man weiter. Darüber hinaus muß man zu künstlichen Hilfsmitteln Zuflucht nehmen, von welchen in den Paragraphen 575—577 einige angeführt werden.

573. **Je dichter das Schallmittel,** desto stärker ist der Schall. Feste Körper verpflanzen den Schall stärker als die Luft.

Beispiele. 1. Der Schall wird schwächer, je mehr man die Luft verdünnt (§. 556); ebenso verhält es sich auf hohen Bergen, bei Luftfahrten u. s. w.

2. Kanonendonner, Pferdegetrappel etc., die man durch die Luft nicht mehr hört, vernimmt man noch, wenn man das Ohr an die Erde legt. — Weinholds akustischer Telegraph (1872) für kurze Strecken.

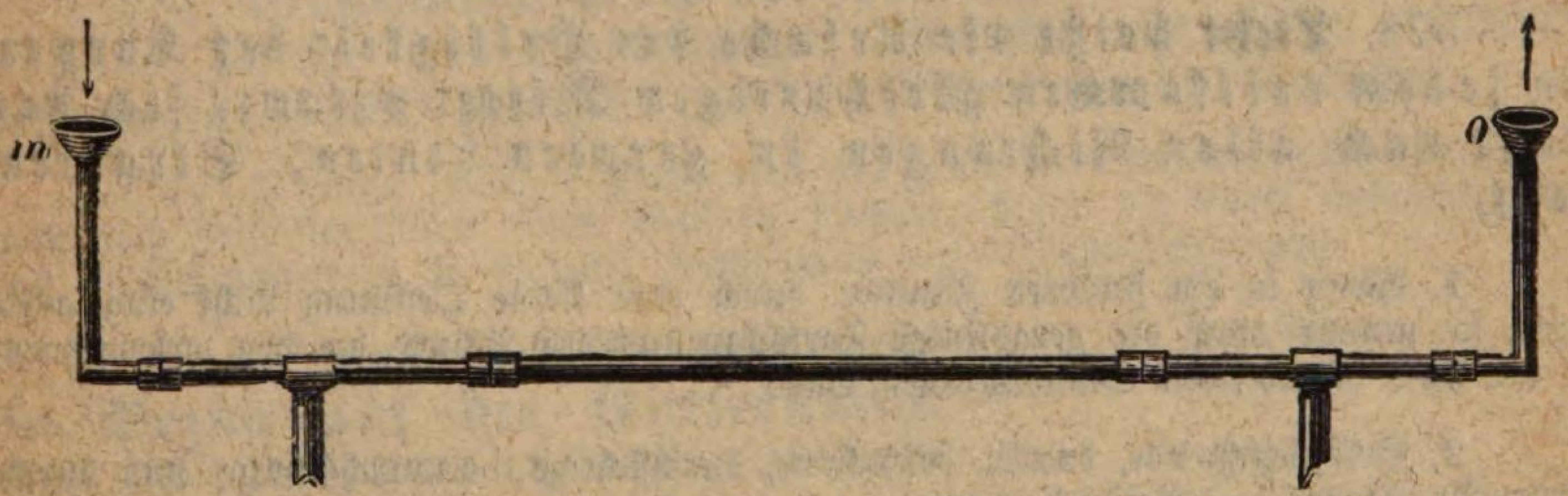
574. **Schall-Abhalter.** Der Schall, der durch verschiedene Mittel gehen muß, erleidet eine mehrmalige Zurückwerfung; folglich, da nur der nicht zurückgeworfene Theil in's neue Mittel eindringt (§. 561), eine Schwächung. Bei sehr häufigem Wechsel des Mittels kann selbst ein starker Schall bis zur Unhörbarkeit geschwächt werden.

Doppelthüren, Doppelfenster, Wolle, Roßhaarballen, Vogelfedern, Bettflaumen 2c. schwächen die Schallwahrnehmung bedeutend und dienen daher zu Schallabhaltern (Schall-Isolatoren).

Ueber die Schwächung des Schalles in leeren Kirchen.

575. **Das Communicationsrohr** (Fig. 436) ist ein cylindrisches Rohr, welches die Schallwellen so zusammenhält, daß die an dem einen Ende in dasselbe geflüsterten Worte von einer zweiten Person,

Fig. 436.



welche das Ohr vor das andere offene Ende legt, gehört werden. Und dies selbst dann noch, wenn das Rohr einige tausend Fuß lang ist.

Biot's Versuche mittelst der Wasserleitungsröhren. — Anwendung in Gasthöfen, Fabriken, Waaren-Localen, auf Dampfschiffen und dergleichen mehr.

576. **Das Sprachrohr** (Fig. 437) hat die Form eines abgestutzten Kegels. Wird in dasselbe bei der engeren Oeffnung hineingesprochen, so werden die Schallwellen von den Wänden so zusammengehalten, daß sie fast in paralleler Richtuug austreten und nun auch außerhalb des Rohres für mäßige Entfernungen ohne starke Erweiterung fortgehen.

Fig. 437.



1. Einige halten auch dafür, daß die regelmäßige Zurückwerfung der Schallstrahlen an den Wänden des Sprachrohres dieselben parallel mache, was aber nach neueren Versuchen unwahrscheinlich ist. — Sprachrohre aus Blech, Pappe, Kautschuck u. dgl. m. — Mannigfache Abänderungen in der Form der Sprachrohre. — Durch einen becherartigen Ansatz wird das Sprachrohr viel wirksamer; die Ursache hievon ist noch nicht genügend bekannt. — Erfunden in England 1670 von **Morland**.

Fig. 438.



2. Das Commando-Sprachrohr auf Schiffen ꝛc. — Sprachrohre der Thurmwächter für das Bekanntgeben der Orte eines Schadenfeuers ꝛc.

577. **Das Hörrohr** (Fig. 438) ist gleichsam ein **umgekehrtes**, verkleinertes Sprachrohr. Die durch die weitere Mündung eintretenden Schallstrahlen werden **verdichtet**, und erregen eine stärkere Schallempfindung.

Stethoskop der Aerzte, um die Geräusche in der Lunge zu beurtheilen. — Verschiedenheit der Formen des **Hörrohres**, dessen schon im Jahre 1691 erwähnt wird.

X.

Die Lehre vom Lichte (Optik).

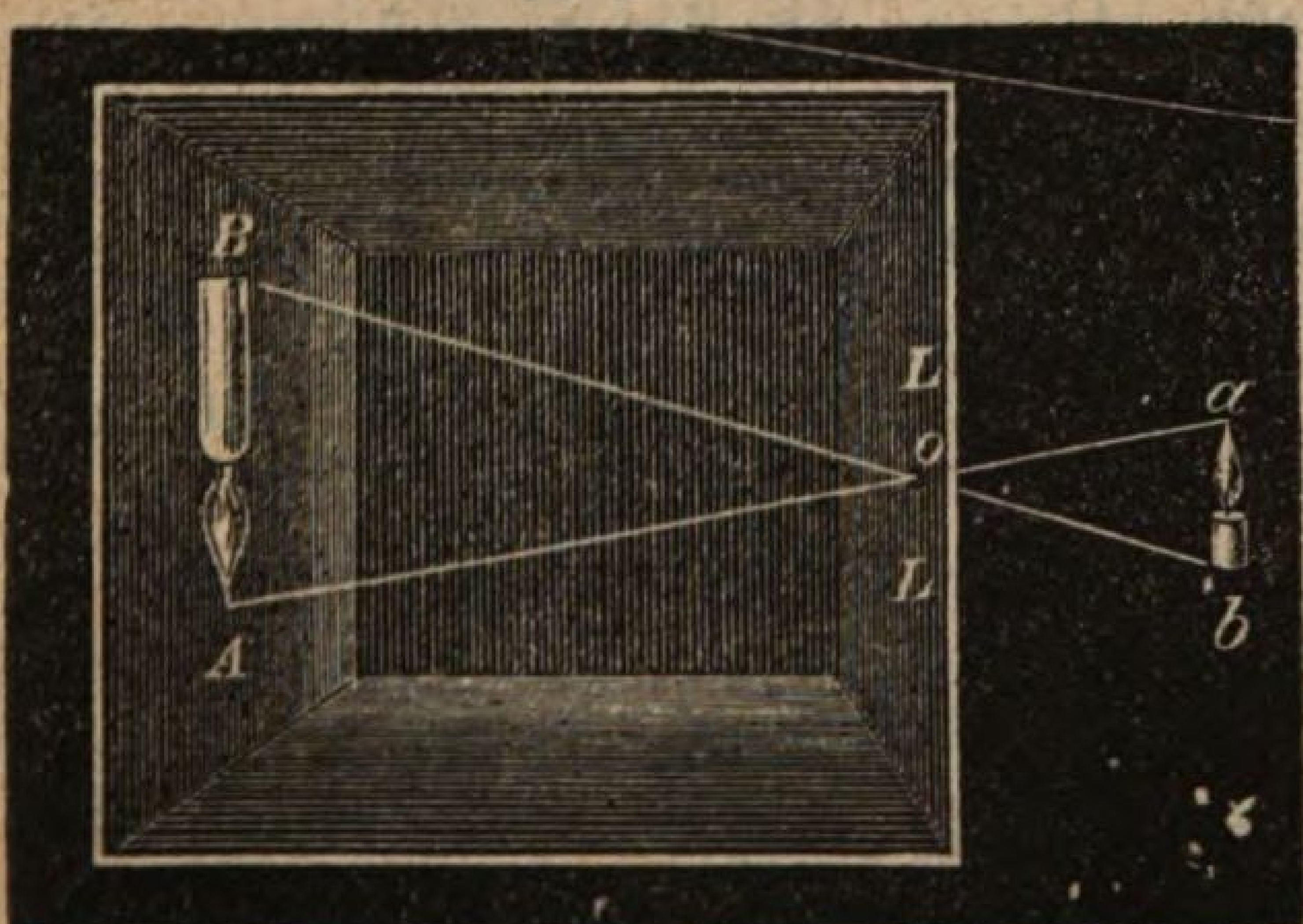
A. Licht, Schatten und Lichtstärke.

578. **Licht** heißt die **Ursache der Helligkeit der Körper. In jedem vollkommen gleichartigen Mittel pflanzt sich das Licht nach allen Richtungen in geraden Linien, Strahlen, fort.**

1. Wenn in ein finsteres Zimmer durch eine kleine Oeffnung Licht eingelassen wird, so nimmt man die geradlinige Fortpflanzung des Lichtes an den erleuchteten, in der Luft schwebenden Staubtheilchen wahr.

2. Selbstleuchtende, dunkle, beleuchtete, durchsichtige, undurchsichtige und durchscheinende Körper. — Beispiele hiezu.

Fig. 439.

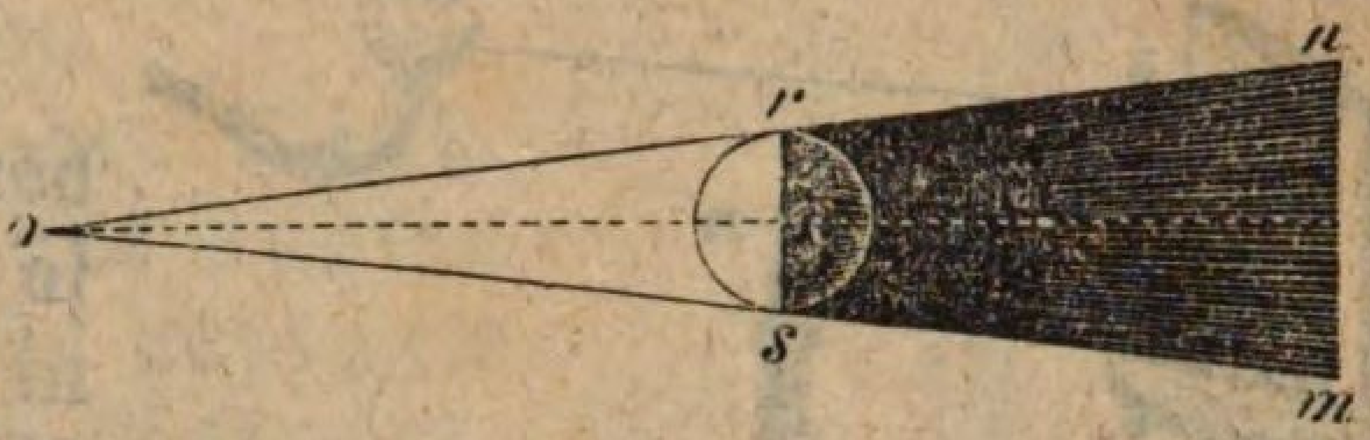


579. **Optische Dunkelkammer.** Durch die kleine Oeffnung o (Fig. 439) des Ladens L gelangen von jedem Punkte eines hellen Gegenstandes Lichtstrahlen, in gerader Richtung, in einen **finsteren** Raum und geben hier, auf einer weißen Wand, ein **umgekehrtes** Bild des Gegenstandes.

Dunkelkammern, bei welchen ein Bild der vor dem Fensterladen liegenden Gegend auf einen weißen Schirm geworfen wird (**Porta** 1558). — Warum dies nicht bei einer großen Oeffnung, z. B. bei einem Fenster, stattfinde.

580. **Der Schatten.** Ist in Fig. 440 der Körper rs undurchsichtig, so kann von einem leuchtenden Punkte o kein Lichtstrahl in den Raum mnrs gelangen. Dieser Raum bleibt daher ganz finster und wird Kernschatten genannt.

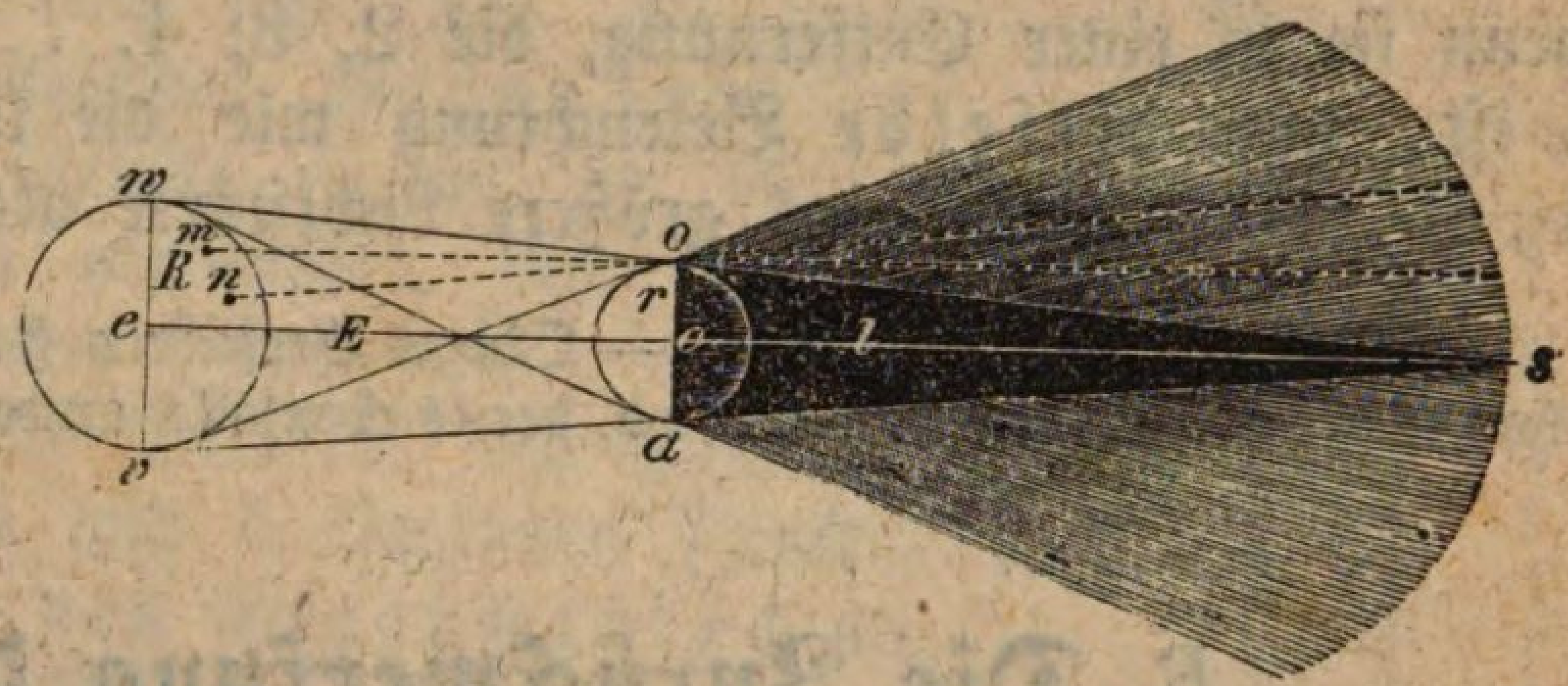
Fig. 440.



Wird ein undurchsichtiger Körper ao (Fig. 441) von einem aus vielen leuchtenden Punkten bestehenden Körper vw beschienen, so entsteht hinter demselben ebenfalls ein völlig lichtloser Raum oder ein Kernschatten aos.

Die an diesen Schattenkegel grenzenden Räume erhalten jedoch von manchen Punkten des leuchtenden Körpers Licht, von anderen nicht. Sie sind daher nur zum Theil beleuchtet, gehen allmälig in die volle Beleuchtung über und heißen Halbschatten.

Fig. 441.



Erklärung der Sonnen- und Mondesfinsternisse. — Schattenspiele. — Silhouetten (1757).

581. **Geschwindigkeit des Lichtes.** Die Geschwindigkeit des Lichtes beträgt nach Beobachtungen, Versuchen und daran geknüpften Rechnungen 312000 Kilometer (42000 Meilen) für die Secunde.

Olaf Römer 1675. — Sieht man das Feuer einer entfernten Kanone, so hat man noch Zeit, sich hinter einen Wall zu flüchten, bevor die Kugel ankommt; wieso? — Lichtsignale, z. B. Raketen, Rauchsäulen 2c. — Licht-Telegraphie.

582. **Stärke der Beleuchtung in Bezug auf die Entfernung.** Ein und dieselbe Fläche a (Fig. 442) erscheint bei a_1 4-, 9-, 16-, . . . n^2mal weniger bestrahlt, mithin 4-, 9-, 16-, ... n^2mal schwächer beleuchtet, wenn ihr Abstand von dem Lichtpunkte 2-, 3-, 4-, . . . nmal größer wird.

Fig. 442.

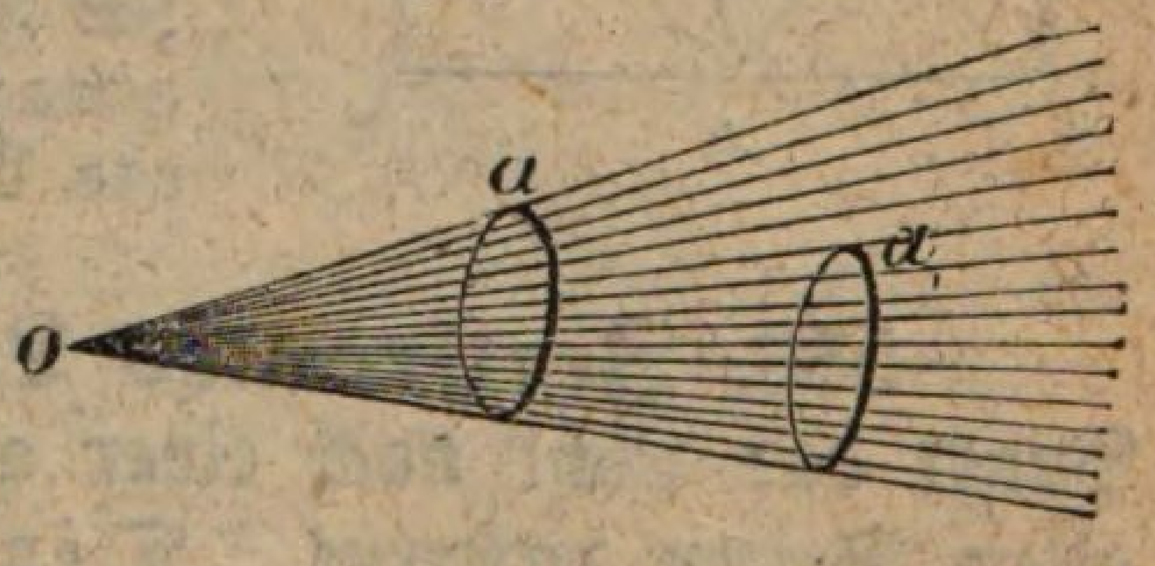


Fig. 443.

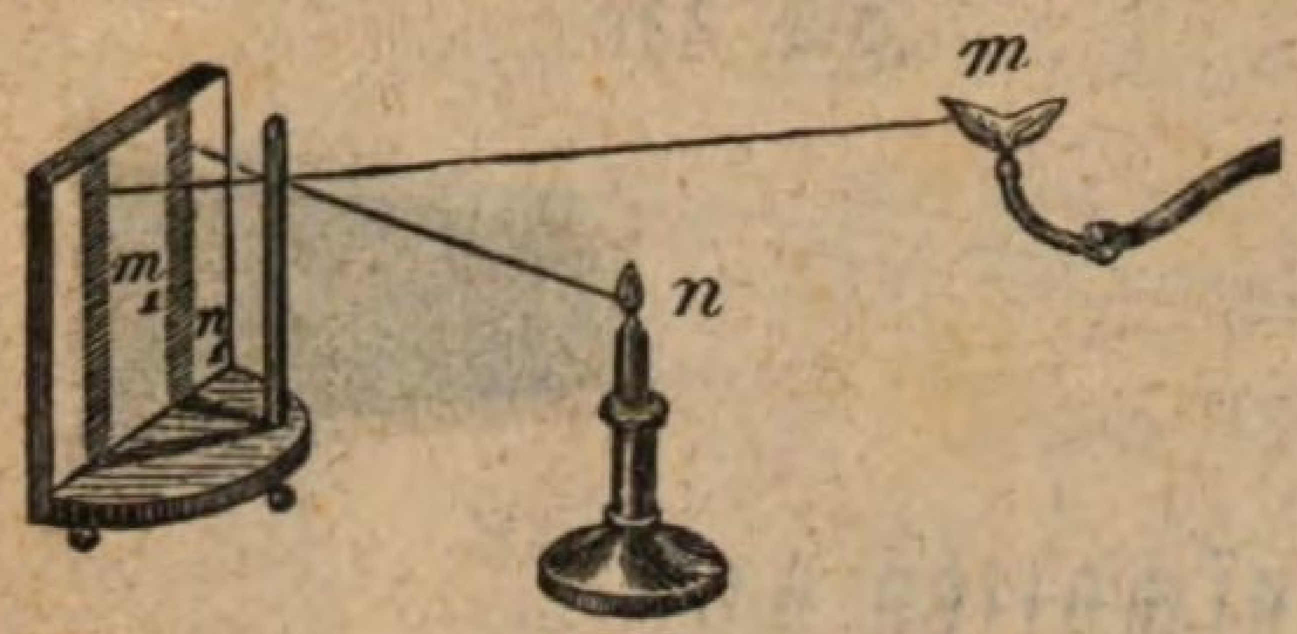


583. **Schiefe Beleuchtung.** Eine Fläche a_1 (Fig. 443) wird von weniger Strahlen getroffen und ist um so schwächer beleuchtet, je mehr der Winkel, welchen die Strahlen mit der beleuchteten Fläche bilden, von einem rechten Winkel abweicht.

584. **Lichtstärkemesser oder Photometer.** Das einfachste Photometer (Fig. 444) beruht auf der Vergleichung der Schatten m_1 und

n_1, welche ein von zwei Lichtquellen m und n in einem finsteren Zimmer gleichzeitig beleuchteter Stab auf eine weiße Wand wirft.

Fig. 444.



Zu dem stärkeren Lichte gehört der dunklere Schatten.

Würde der zur Lichtquelle m gehörende Schatten m_1 dunkler erscheinen, so müßte man den leuchtenden Körper m so lange von der Wand entfernen, bis sich beide Schatten gleich dunkel zeigen.

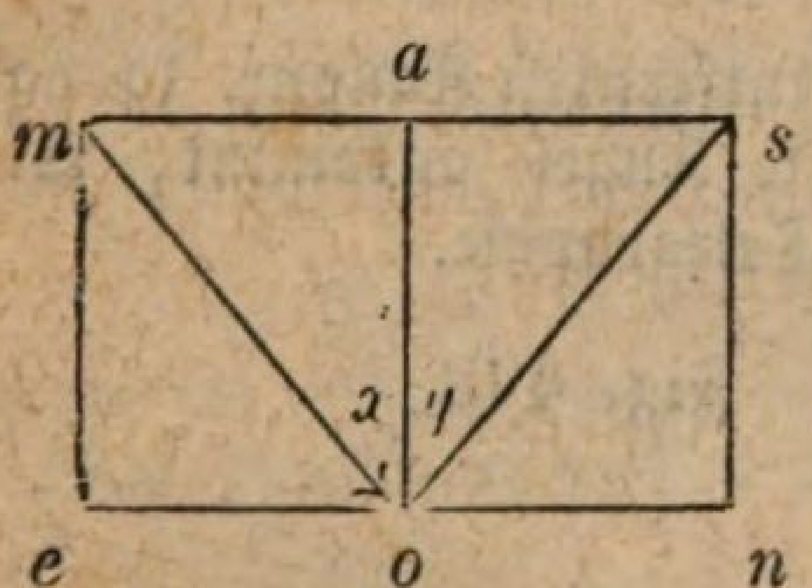
Ist dieß der Fall, so sind auch die von beiden Lichtquellen bewirkten Erleuchtungen der Fläche gleich stark. Dann besitzt die Lichtquelle m, wenn sie in einer Entfernung, die 2, 3, 4, ... mal größer als jene bei n ist, und dieselbe Beleuchtung wie die letztere bewirkt, eine 4-, 9-, 16-, ... mal größere Lichtstärke als die Lichtquelle n.

Beispiele. — Aufgaben. — Obiges Verfahren stammt von Lambert 1760, obschon es gewöhnlich dem Rumford, der es ebenfalls anwendete (1794), zugeschrieben wird.

B. Die Zurückwerfung des Lichtes.

585. **Gesetz der Zurückwerfung des Lichtes.** 1. Der einfallende Lichtstrahl mo (Fig. 445), das Einfallsloth ao und der zurückgeworfene Lichtstrahl os liegen in einer und derselben Ebene.

Fig. 445.



2. Der Zurückwerfungswinkel y ist gleich dem Einfallswinkel x.

Auch der Winkel son ist gleich dem Winkel moe. Im Folgenden wird von diesem Gesetze sehr oft Gebrauch gemacht. In den Zeichnungen bleibt der Deutlichkeit wegen das Einfallsloth weg, was man zu beachten hat.

586. **Zerstreutes Licht.** Bei rauhen Oberflächen wirft jeder Punkt das Licht nach einer andern Richtung, dadurch wird das Licht nach allen Seiten zerstreut. Die Gegenstände werden nur durch zerstreutes Licht sichtbar. — Zeichnung als Aufgabe.

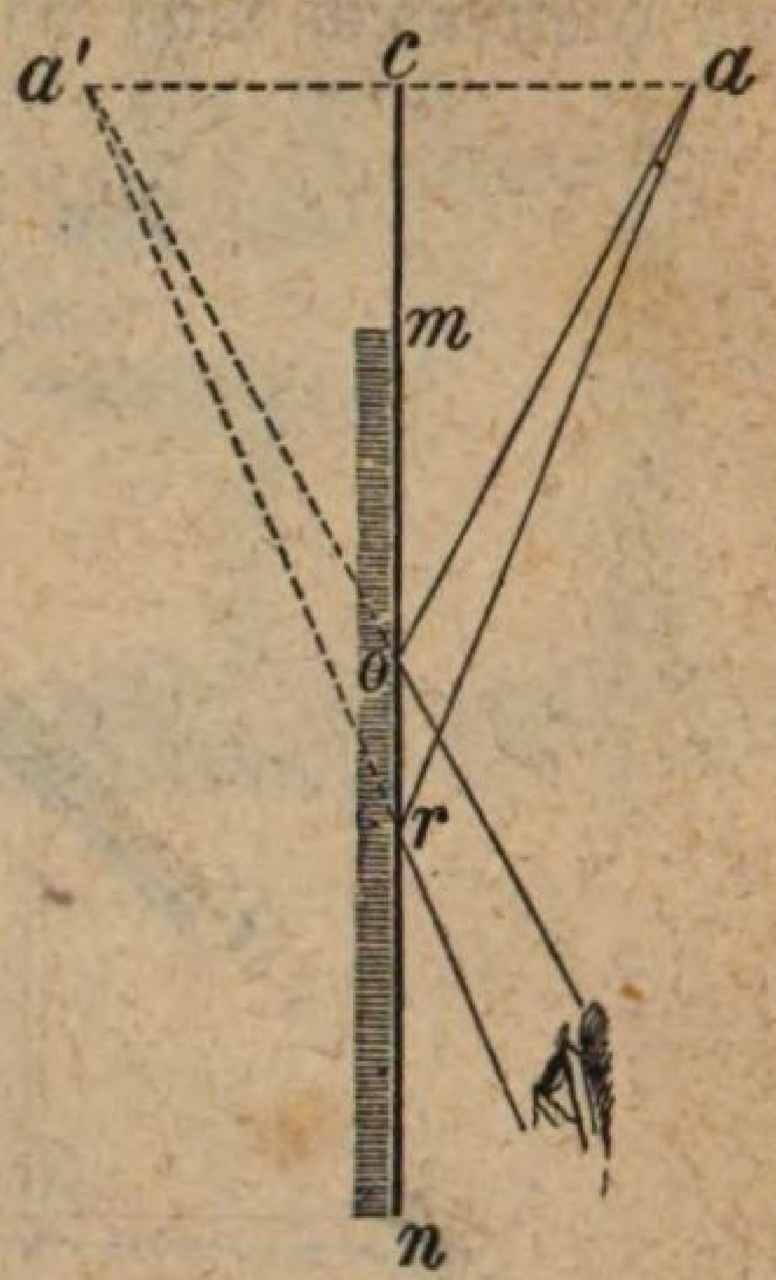
587. **Planspiegel.** Jede glatte Fläche, wenn sie zur regelmäßigen Zurückwerfung des Lichtes dient, heißt Spiegel.

Ist die Fläche eine Ebene, so wird sie ebener oder planer Spiegel genannt.

588. **Das Punktbild an einem Planspiegel.** Von dem leuchtenden Punkte a (Fig. 446) fallen unzählig viele Strahlen auf den ebenen Spiegel mn, welche regelmäßig zurückgeworfen werden (§. 585).

So verhält es sich mit den Strahlen a o, ar und mit den zwischen ihnen liegenden Strahlen. Wenn diese zurückgeworfenen (reflectirten) Strahlen in das Auge des Beobachters gelangen, so scheinen sie ihm von a' herzukommen.

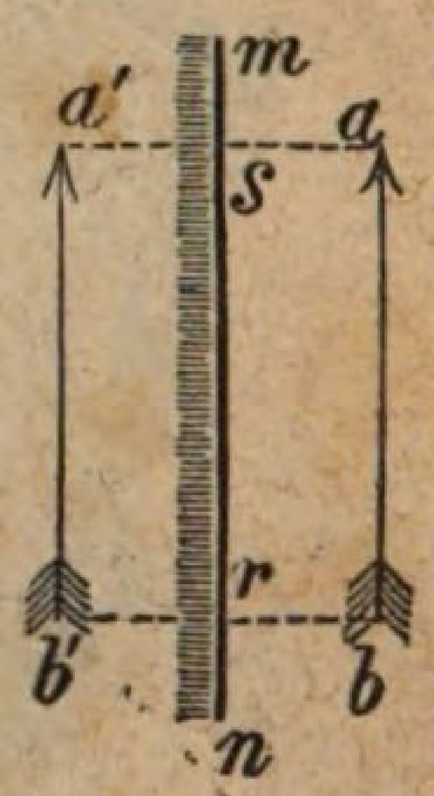
Fig. 446.



Dieses Bild a' liegt in der Senkrechten, welche von dem leuchtenden Punkte auf die Ebene der Spiegelfläche gezogen wird, eben so weit hinter dem Spiegel, wie der leuchtende Punkt vor demselben. Als Formel a' c = a c.

589. **Das Gegenstandbild bei einem ebenen Spiegel.** Befindet sich (Fig. 447) vor dem Spiegel ein leuchtender Gegenstand a b, und wird die vom Punkte a auf die Spiegelebene gefällte Senkrechte so weit verlängert, bis a' s = a s, so erhält man in a' ein Bild des Punktes a.

Fig. 447.



Ebenso sucht man das Bild b' des Punktes b, und die Bilder aller zwischen a und b liegenden Punkte, d. h. ebenso findet man das Bild des Gegenstandes ab.

Alle Punkte des Bildes nehmen gegen die Ebene des Spiegels genau dieselbe Lage ein, wie die Punkte des vor ihm befindlichen, leuchtenden Gegenstandes, nur sind im Bilde die rechts liegenden Theile des Gegenstandes links und umgekehrt, d. h. das Bild hat eine symmetrische Lage zum Gegenstand.

1. Bei unseren gewöhnlichen Stanniol-Quecksilberspiegeln ist das Metall der eigentliche Spiegel. — Spiegel aus versilbertem oder platinirtem Glas sowie Metallspiegel geben einfache Bilder; an unseren gewöhnlichen Spiegeln erscheinen jedoch zweierlei Bilder; wie so? — Belegung und Glas.

2. Bei farbigen Spiegeln ist das Glas gefärbt. — Prüfung der „Weiße" eines Spiegels: ein vorgehaltenes weißes Tuch muß ein weißes Bild geben.

3. Die Dicke des Glases schätzt man ab, wenn man ein Stäbchen senkrecht an die Spiegelebene hält; der halbe Abstand vom Berührungspunkt zum erscheinenden Bilde gibt die Dicke des Spiegels; wie so? — Die Dicke des Glases wird nur wegen der Stärke des Spiegels, aber nicht wegen seiner Güte begehrt.

4. Der gewöhnliche Gebrauch des Planspiegels ist bekannt. — Spiegelschrift. — Symmetriebilder. — Ueberdies kommt er bei vielen physikalischen und mathematischen Meßinstrumenten als ein wesentlicher Bestandtheil vor.

5. Ist (Fig. 448) einer der Spiegel oberhalb einer Mauer, eines Berges u. s. w. mit der glänzenden Fläche nach dem zu beobachtenden Gegenstande gekehrt, so wirft er die empfangenen Strahlen auf den zweiten Parallelspiegel und man kann in diesem letzteren hinter dem Schutzwall die äußeren Vorgänge beobachten; eine solche Spiegelverbindung heißt Polemoskop (Kriegs-Spiegel). — Anwendung zur Beobachtung der Vorgänge in der Gasse. — Diebshehler.

6. In neuerer Zeit werden die Spiegelbilder sehr großer, geschliffener Glasscheiben SS' (Fig. 449) benützt, um optische Täuschungen auf der Bühne zu bewirken (Gespenster-Theaterstücke). Die Gegenstände befinden sich seitwärts und werden kräftig mit elektrischem oder Drummond'schen Licht beleuchtet. Die Strahlen fallen auf die scheitelrechte, schief gegen den Bühnenrand gestellte große Glasscheibe, gelangen in das

Auge des Zusehers und bewirken das Bild. Die Glasscheibe selbst ist wegen Mangel an zerstreutem Licht nicht sichtbar.

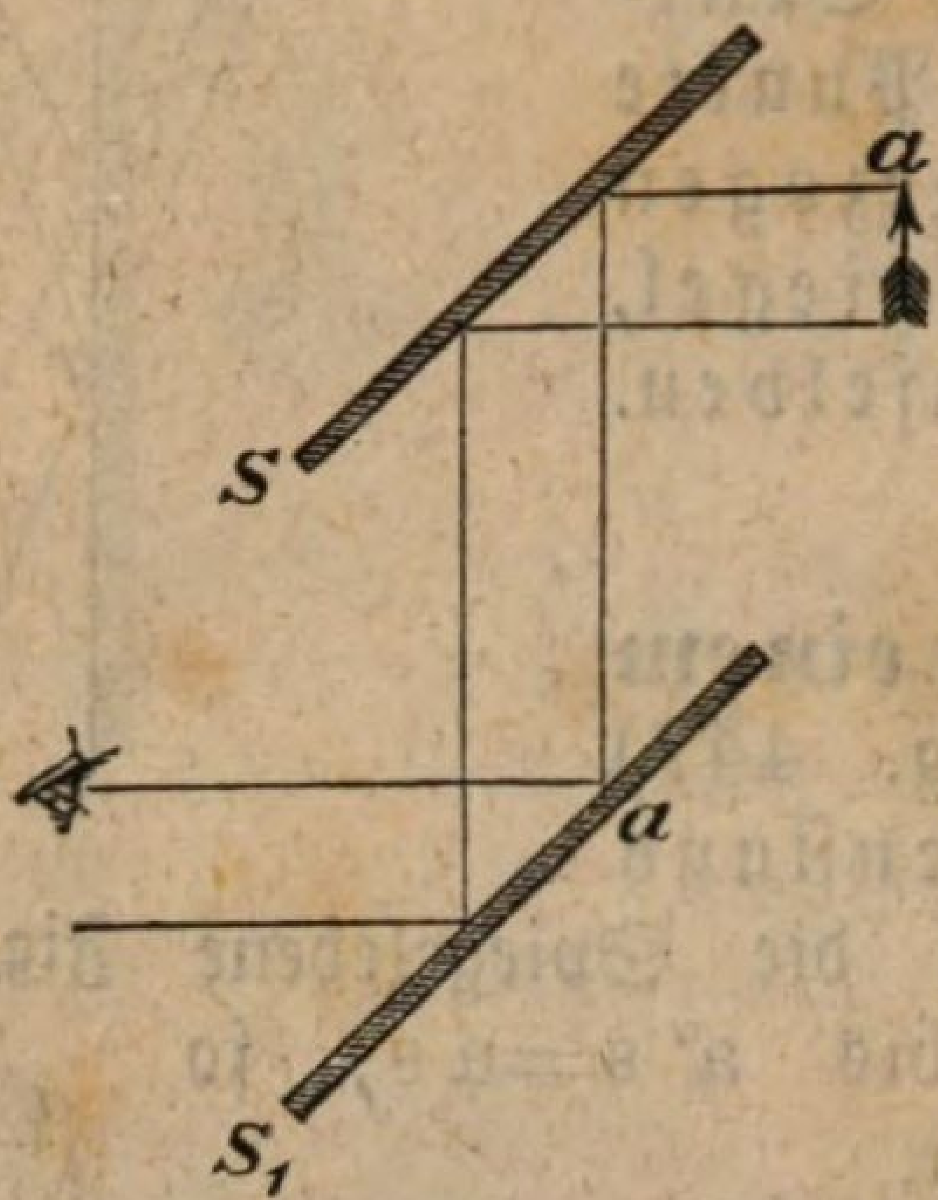


Fig. 448.

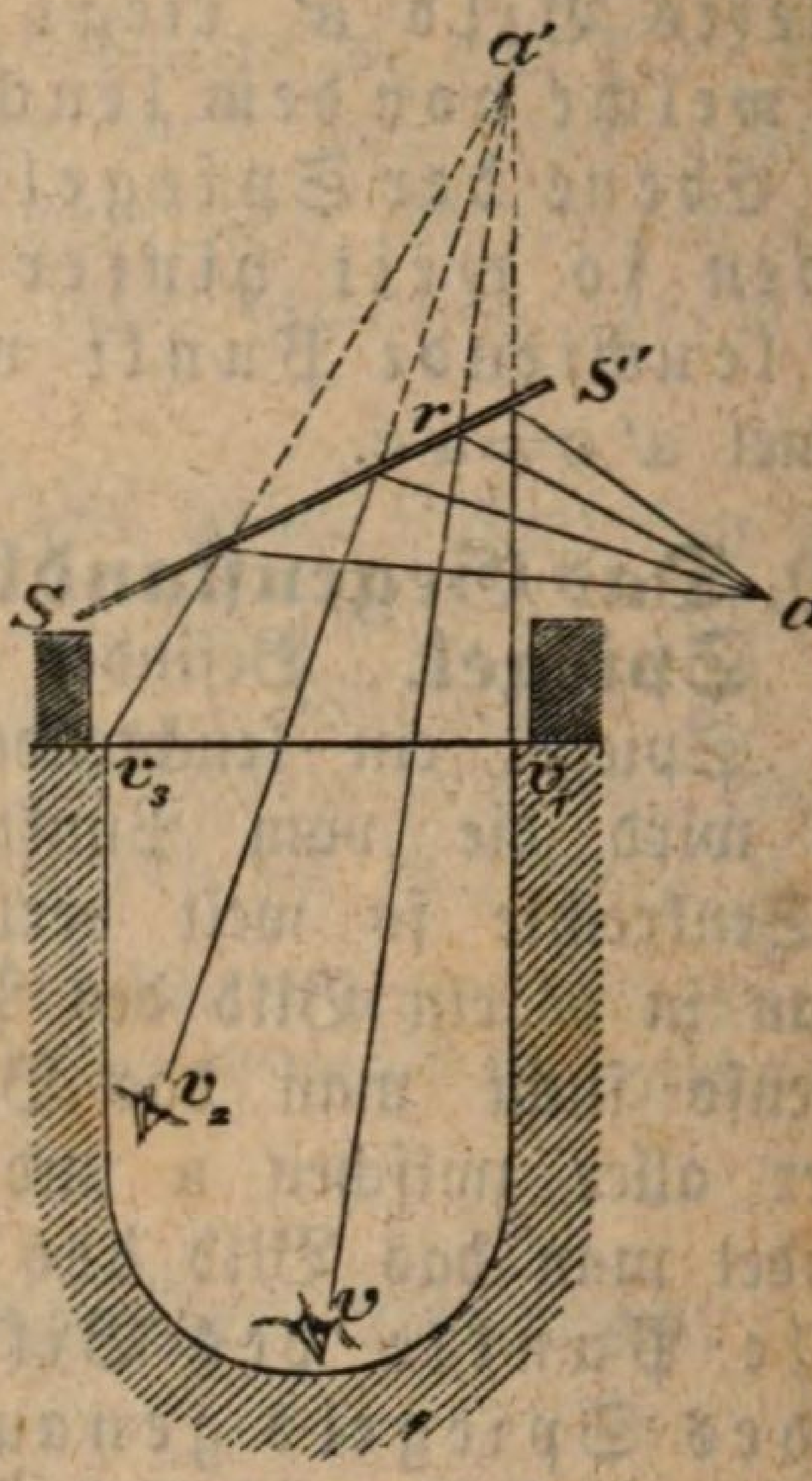


Fig. 449.

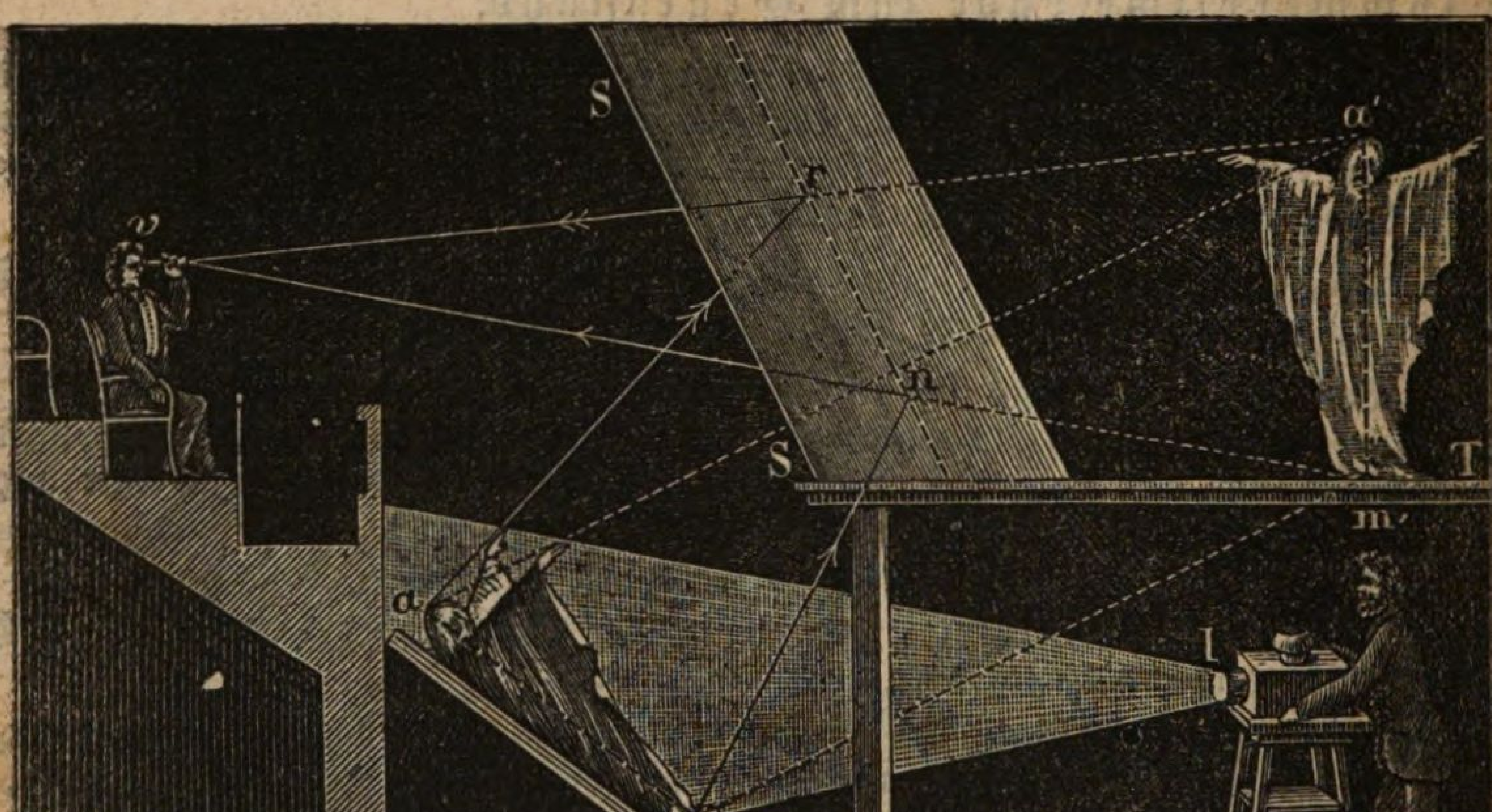


Fig. 450.

7. Solche Bilder soll Robin schon 1847 gezeigt haben; sie wurden jedoch erst seit 1860 allgemein bekannt. Anfangs standen die grell bestrahlten Objecte und Personen (Fig. 450) in einer offenen Versenkung; die spiegelnde Glasfläche war gegen die Ebene der Bühne geneigt; warum? Die Person, welche das Bild des Geistes lieferte, mußte schief stehen, wenn der Geist aufrecht erscheinen sollte, warum?

Fragen: 1. Bei den Theaterspiegeln neuerer Einrichtung (Fig. 449) können die Personen und Gegenstände aufrecht stehen; die Bilder derselben geben sich dann ebenfalls aufrecht; warum ist dies bei der älteren unbequemen Einrichtung (Fig. 450) nicht der Fall?

2. Vermittels des magischen Operguckers (Fig. 451) kann man Jemanden ansehen, ohne daß er es merkt; wie so? — Antwort aus der Figur.

3. Welche Aehnlichkeit besteht im Principe zwischen den neueren Theaterspiegeln (Fig. 449) und dem magischen Operngucker (Fig. 451)?

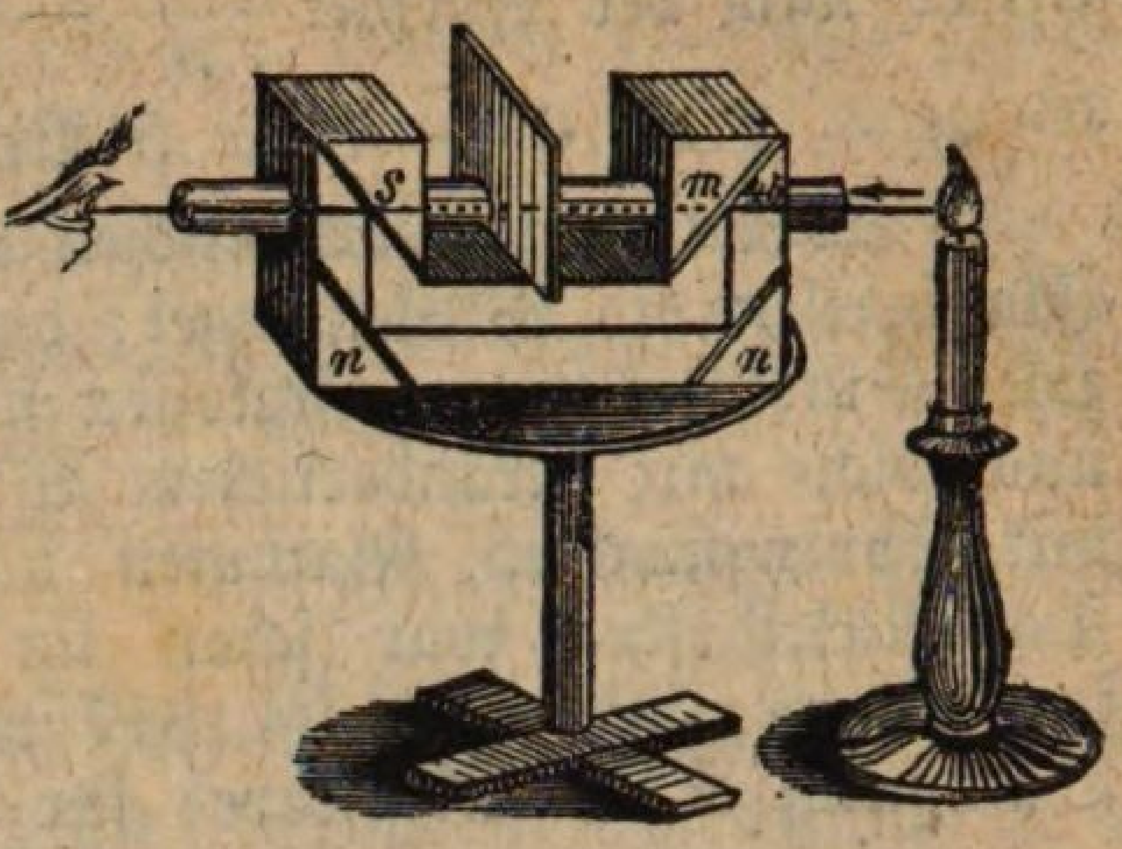
4. Beim Zauberperspektiv (Fig. 452) sieht man scheinbar durch einen undurchsichtigen Gegenstand, z. B. durch ein Buch; wie ist das aus der Figur zu erklären? Läßt sich Fig. 452 nicht auch als zusammengesetztes Polemoskop (vergl. Fig. 448) anwenden?

5. Wie groß ist (Fig. 448) die Entfernung zwischen dem Auge und dem Bilde beim Polemoskope? Summe aller Wegstücke.

Fig. 451.



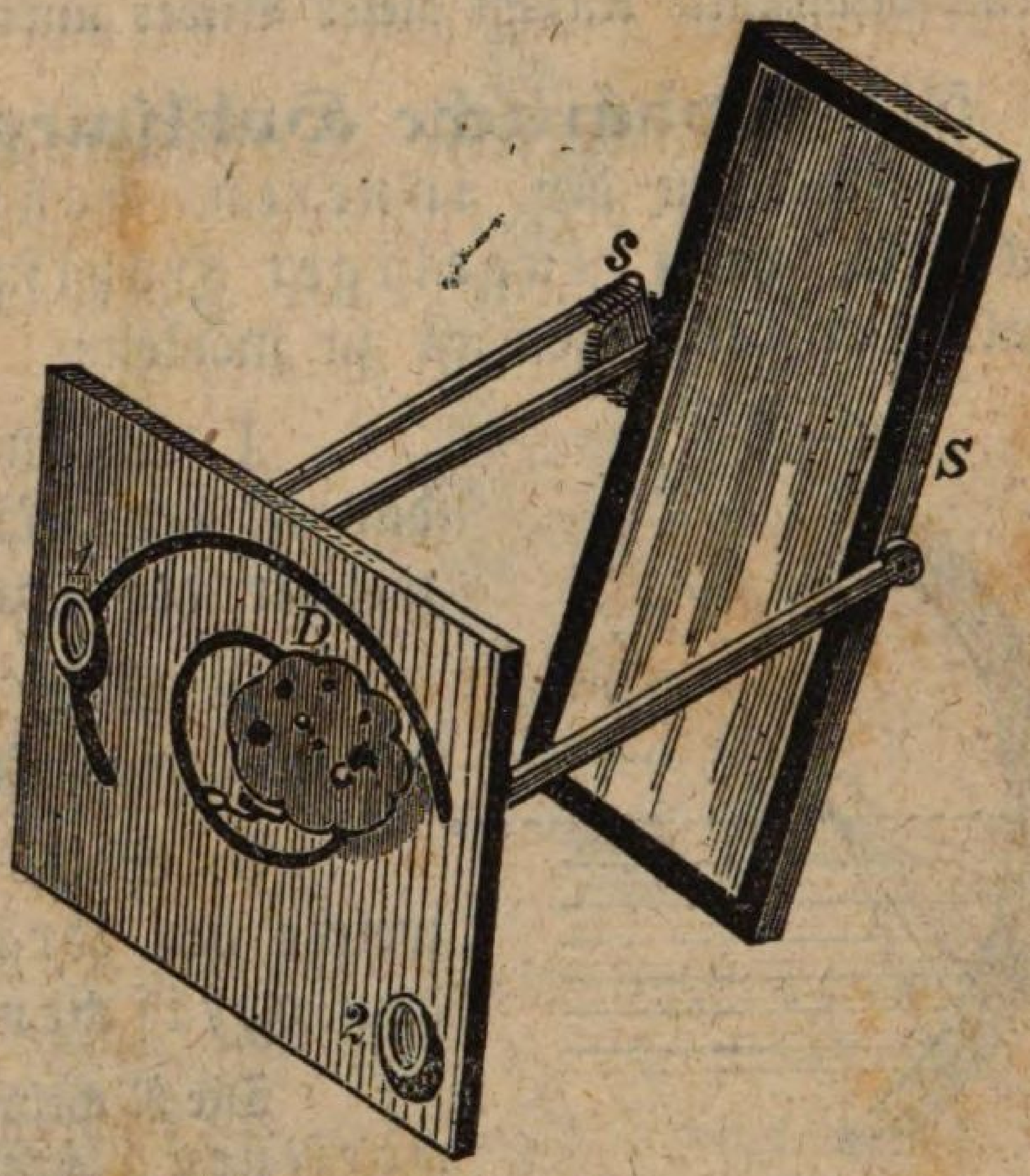
Fig. 452.



590. Der Heliostat. Durch ein Räderwerk kann (Fig. 453) der Planspiegel so geregelt werden, daß die Sonnenstrahlen stets nahezu in derselben Richtung ins Zimmer fallen, wovon bei optischen Versuchen Gebrauch gemacht wird.

Hand- und Uhrheliostat.

Fig. 453.



591. Kaleidoskop. Machen (Fig. 454, A und B) zwei ebene Spiegel einen Winkel mit einander; so entsteht eine bestimmte Anzahl von Bildern, die um den Scheitel des Winkels, in einer Kreislinie symmetrisch geordnet, liegen.

Fig. 454, A.

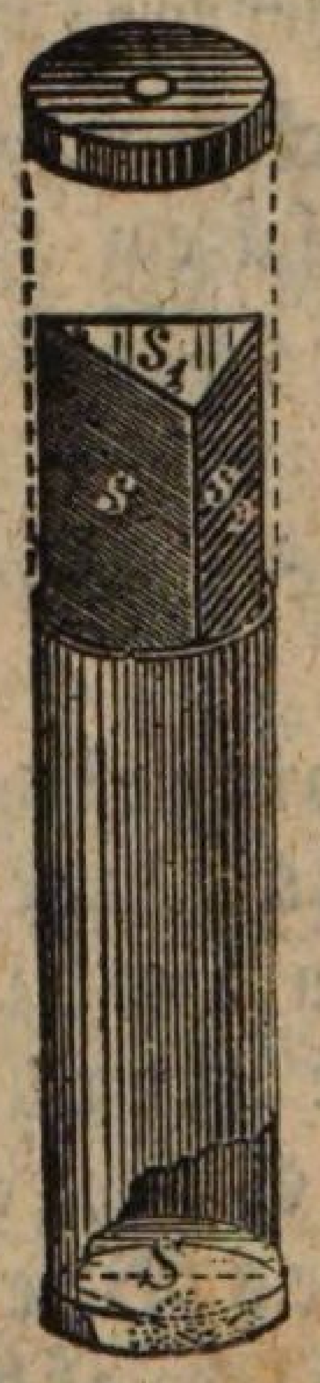
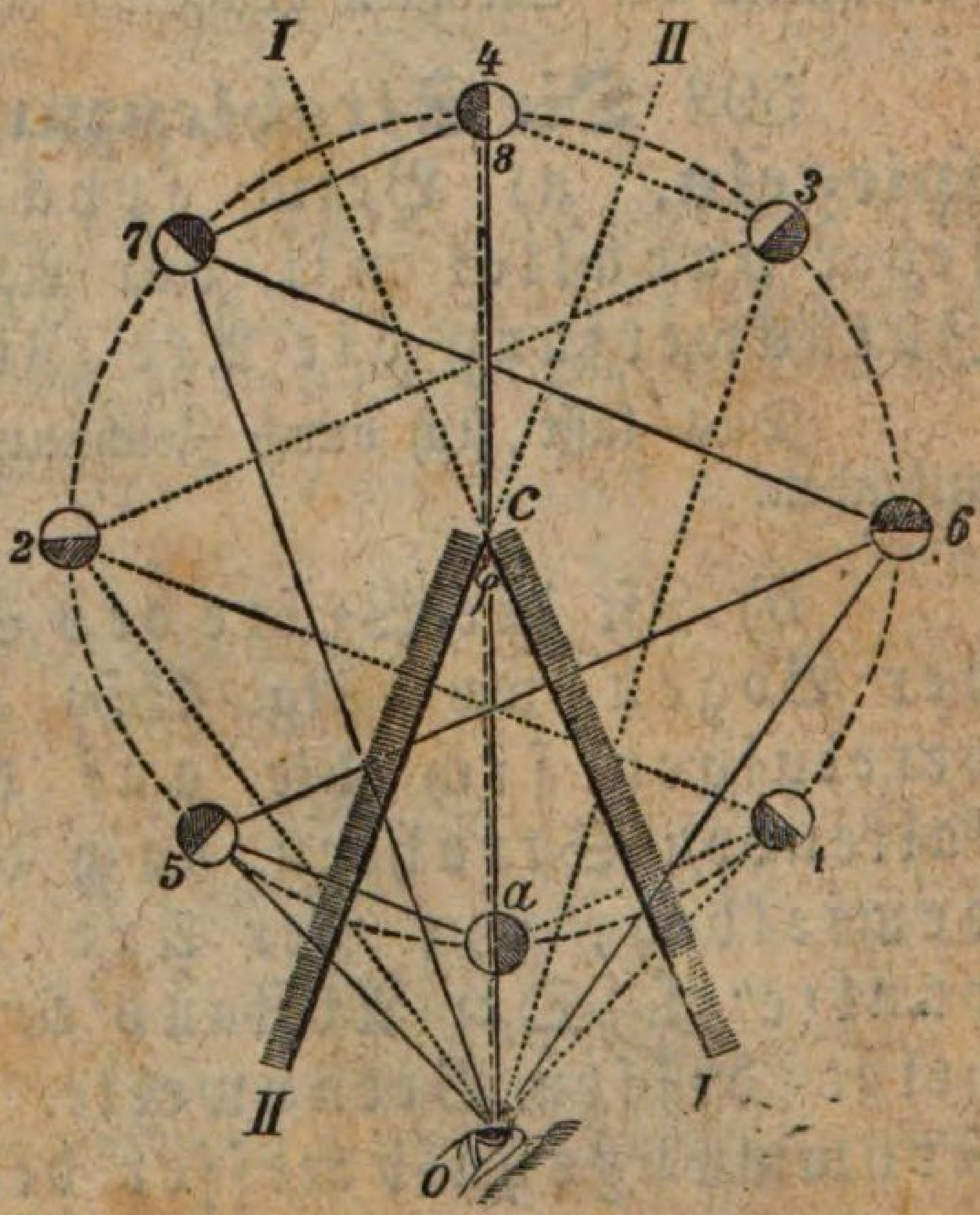


Fig. 454, B.



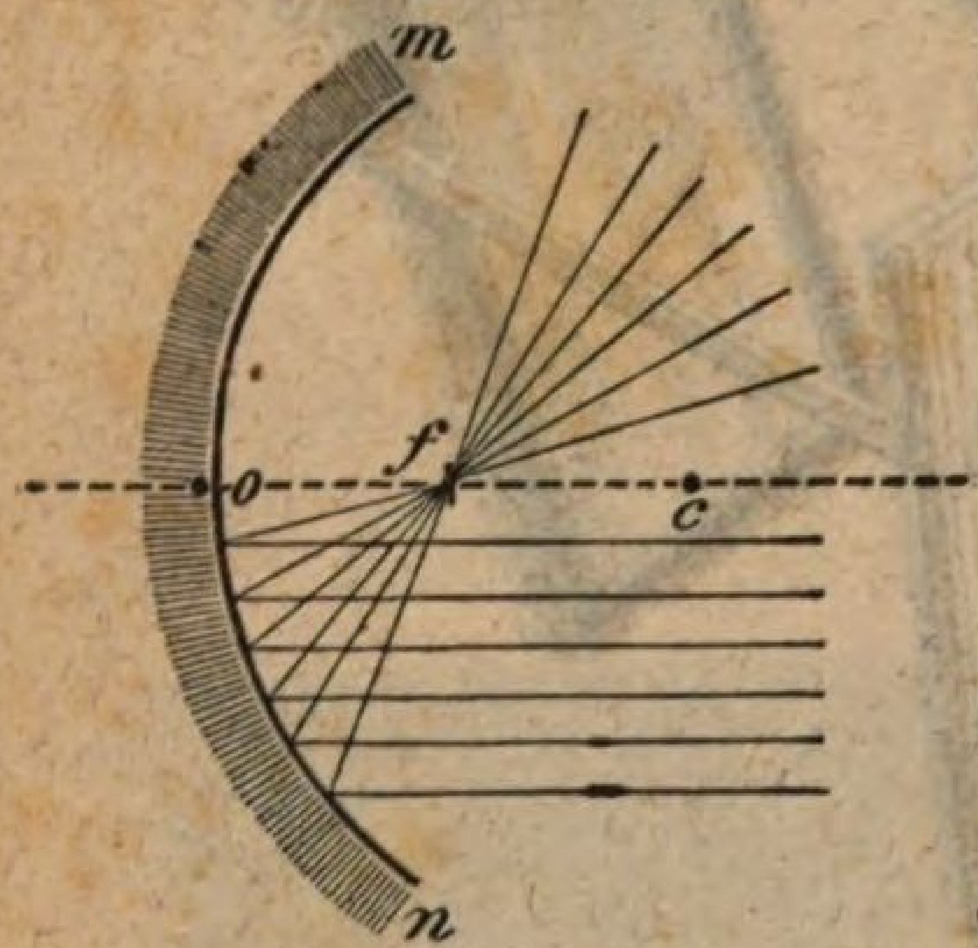
1. Bedeutet n die Menge der Grade des Winkels, so findet man die Zahl der Bilder nach der Formel $\frac{360}{n} - 1$. Ist z. B. dieser Winkel 60 Grade, so zeigen sich $360/60 - 1 = 6 - 1 = 5$ Bilder.

2. Bei dem gewöhnlichen Kaleidoskop (Fig. 454, A) geben drei, etwas angerußte Glasstreifen die Winkelspiegel; das Objekt bilden bunte Glasstückchen, welche zwischen zwei Glasscheiben eingeschlossen sind. Kaleidoskope mit Stahlspiegel; offene Kaleidoskope und solche mit veränderlichem Winkel. — Kaleidoskopartige Kabinete als Schaustätte mit Springstrahlen, Flammen u. dgl. m. — Kaleidoskopartige Lampenspiegel. — Das Kaleidoskop war schon im wesentlichen im Mittelalter als „Spiegelbuch" erfunden; es wurde 1814—1817 von Brewster verbessert und ist allgemein bekannt. — Benützung des Kaleidoskopes für die Muster der Drahtflechterei 2c.

3. Bringt man zwischen zwei einander parallel gegenüberstehende, ebene Spiegel eine angezündete Kerze, so werden die von der Flamme auf die Spiegel fallenden Strahlen zwischen den Spiegeln unaufhörlich zurückgeworfen. Ein zwischen den Spiegeln befindliches Auge sollte daher eine endlose Reihe von Bildern wahrnehmen. Allein da das Licht mit jeder Zurückwerfung schwächer wird, so kann man nur eine beschränkte Anzahl dieser Bilder unterscheiden.

592. **Sphärische Hohlspiegel.** Ein Kugelabschnitt mn (Fig. 455), welcher an der inneren, hohlen Fläche das Licht regelmäßig zurückwirft, heißt kugeliger Hohlspiegel oder sphärischer Concavspiegel. Bei demselben ist zu merken:

Fig. 455.



1. Sein Krümmungsmittelpunkt c, das ist der Mittelpunkt jener hohlen Kugel, von welcher der Spiegel ein Abschnitt ist.

2. Sein optischer Mittelpunkt, d. i. der Mittelpunkt o der Spiegelfläche.

3. Seine Axe, d. i. jene gerade Linie co, welche den Krümmungsmittelpunkt c mit dem optischen Mittelpunkt o verbindet.

Die Richtung der von einem Hohlspiegel zurückgeworfenen Lichtstrahlen wird nach den Gesetzen in §. 585 gefunden, nur müssen die entsprechenden Einfallslothe bekannt sein. Diese sind, wie die Geometrie lehrt, die von dem Krümmungsmittelpunkte c zu den betreffenden Auffallpunkten der Strahlen gezogenen Krümmungshalbmesser.

593. **Die Strahlenzurückwerfung an sphärischen Hohlspiegeln.** a) Beim sphärischen Hohlspiegel durchschneidet jeder parallel mit der Axe auffallende Lichtstrahl nach der Zurückwerfung die Axe (Fig. 455).

Dies läßt sich durch Zeichnung des Strahlenweges zeigen. — Zeichnungsaufgaben.

b) Ist die Weite des Spiegels nur gering, d. h. enthält der Bogen mn (Fig. 455) nicht mehr als etwa 6 Grade, so vereinigen sich die auf den Hohlspiegel parallel zur Axe fallenden Strahlen, nach der Zurückwerfung, in einem und demselben, auf der Axe des Spiegels liegenden „Brennpunkte" f. Der Abstand fo des Brennpunktes f vom Spiegel heißt dessen Brennweite. Dieselbe ist gleich dem halben Krümmungshalbmesser des Hohlspiegels.

Die Sonnenstrahlen können einander parallel angenommen werden. — Woher der Name „Brennpunkt“? Auffinden des Brennpunktes mittels des Sonnenbildes. — Die Hohlspiegel heißen auch Sammelspiegel, warum? — Sie waren schon den Alten als „Brennspiegel“ bekannt.

c) Lichtstrahlen (Fig. 455), welche vom Brennpunkte f den Hohlspiegel treffen, werden parallel zur Axe zurückgeworfen.

Dies zeigt sich, wenn man den Strahlengang zeichnet. — Zeichnungsaufgaben.

594. **Die Bilder von leuchtenden Gegenständen bei sphärischen Hohlspiegeln.** a) Befindet sich (Fig. 456) ein leuchtender Gegenstand ab vor dem Krümmungsmittelpunkte c eines Hohlspiegels mn, so erscheint sein Bild b'a' zwischen dem Krümmungsmittelpunkte c und dem Brennpunkte f verkleinert und umgekehrt.

Fig. 456.

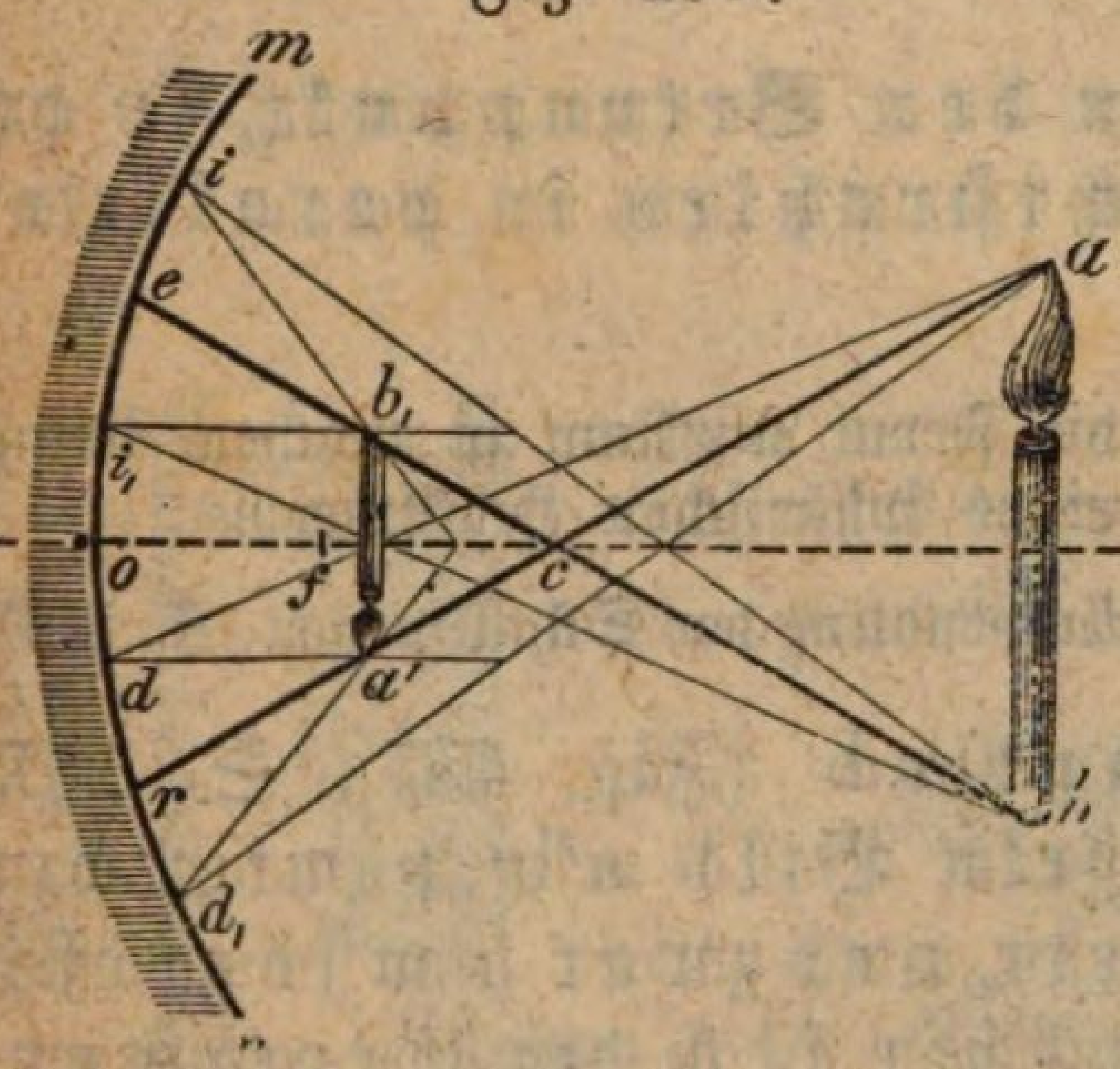
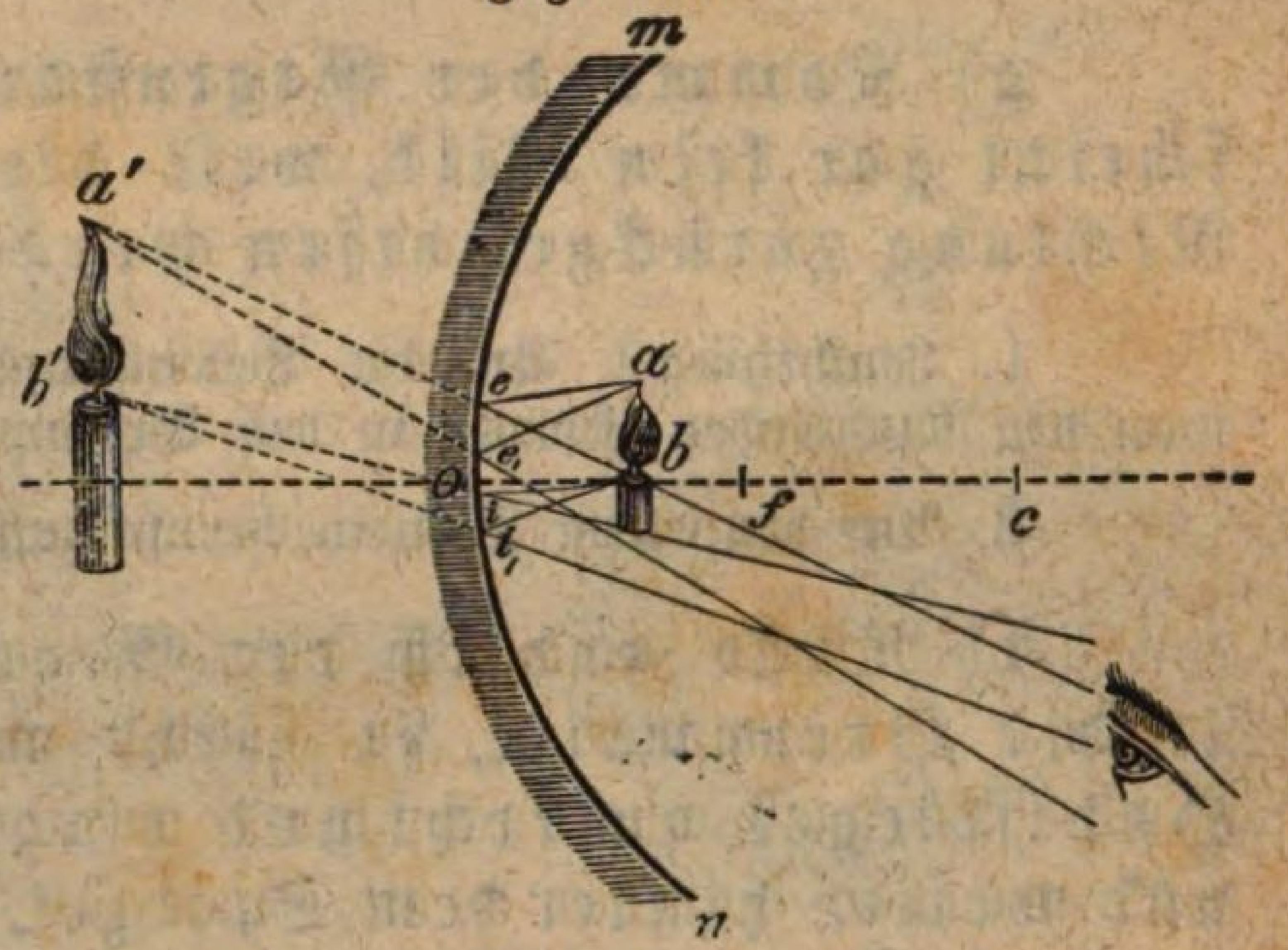


Fig. 457.



b) Steht der Gegenstand sehr weit vor dem Krümmungsmittelpunkte eines Hohlspiegels, so erscheint sein Bild fast im Brennpunkte t verkleinert und umgekehrt.

c) Nähert sich der Gegenstand dem Krümmungsmittelpunkte, so rückt auch das Bild vom Brennpunkte nach dem Krümmungsmittelpunkte hin, bleibt aber immer verkleinert und umgekehrt.

d) Ist der Gegenstand im Krümmungsmittelpunkte angelangt, so zeigt sich ebenfalls im Krümmungsmittelpunkte ein ihm an Größe gleiches, aber umgekehrtes Bild.

e) Es sei nun (Fig. 456) b'a' der Gegenstand und derselbe stehe zwischen dem Krümmungsmittelpunkt und dem Brennpunkte, so zeigt sich vor dem Krümmungsmittelpunkte sein Bild ab vergrößert und umgekehrt.

f) Das umgekehrte Bild entfernt sich um so mehr vom Krümmungsmittelpunkte und wird um so größer, je mehr sich der Gegenstand dem Brennpunkte nähert.

Hierher gehören die Versuche mit der „schwebenden Rose“ (Fig. 458 und Fig. 459). — Der „schwebende Dolch“, das lothrecht aufwärts fließende Wasser und ähnliche Luftbilder in optischen Kabineten.

Fig. 458.

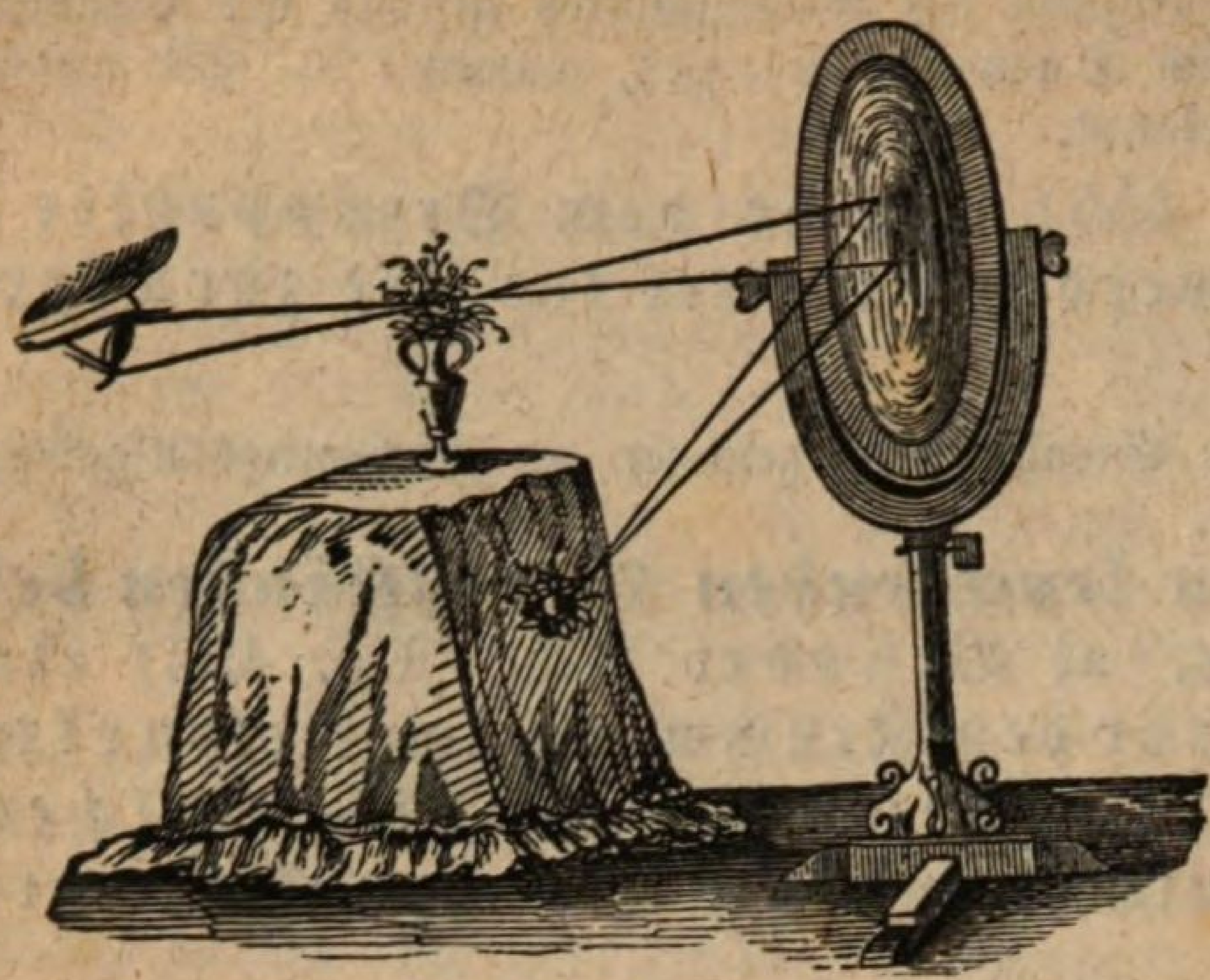
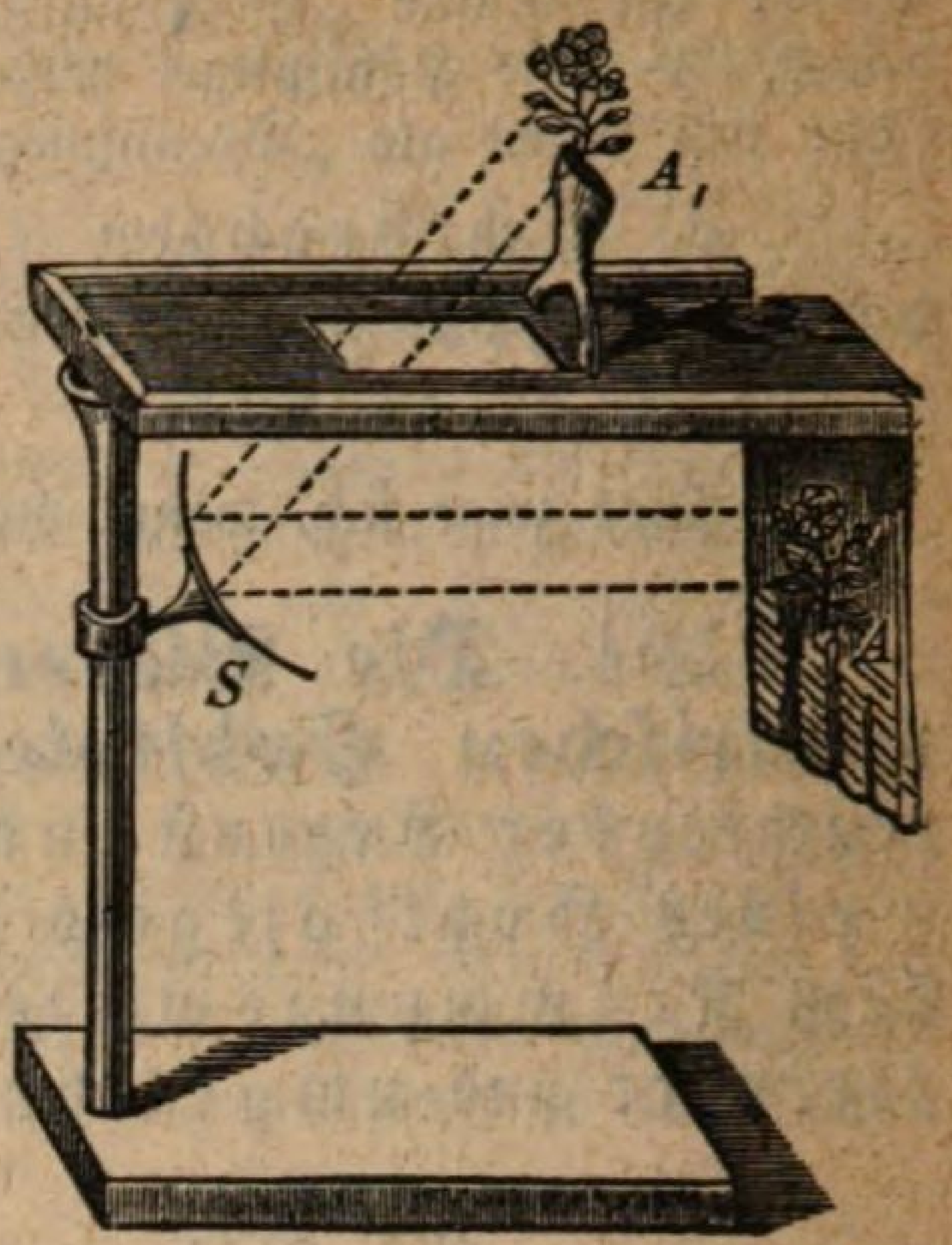


Fig. 459.



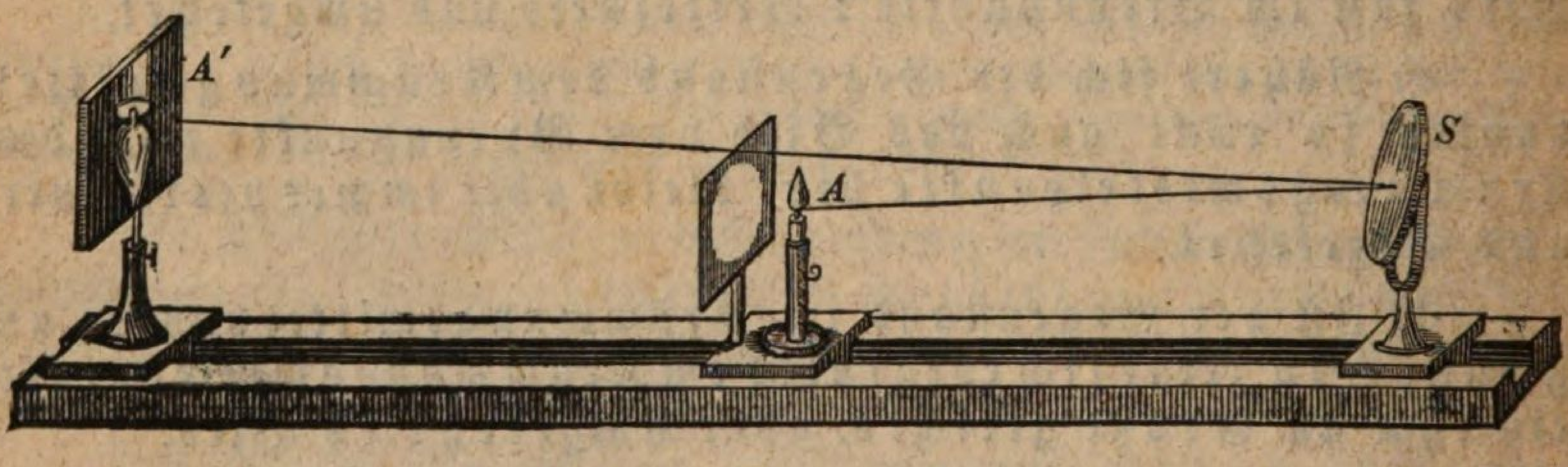
g) Kommt der Gegenstand in den Brennpunkt, so erscheint gar kein Bild, weil die Lichtstrahlen in paralleler Richtung zurückgeworfen werden.

1. Leuchtspiegel. Um die Beleuchtung in die Ferne wirksam zu machen, bringt man den leuchtenden Körper in den Brennpunkt eines sphärischen Hohlspiegels.

2. Auf demselben Principe beruht auch die Anwendung der Schallspiegel (S. 206).

h) Rückt endlich der Gegenstand ab (Fig. 457; S. 217) in die Brennweite, so sieht man sein Bild a'b' hinter dem Hohlspiegel aufrecht und vergrößert, und zwar um so größer und weiter hinter dem Spiegel, je näher sich der Gegenstand an dem Brennpunkte befindet. — Rasirspiegel.

Fig. 460.



Alle bisher angeführten Erscheinungen werden mit dem in Fig. 460 gezeichneten Apparat nachgewiesen. — Parabolische und elliptische Hohlspiegel.

595. **Erscheinungen an sphärischen, erhabenen Spiegeln.** Ein Kugelabschnitt mn (Fig. 461), welcher auf der äußeren, erhabenen Fläche spiegelt, heißt kugelförmig erhabener Spiegel oder sphärischer Convexspiegel.

Bei kugelförmig erhabenen Spiegeln erscheint das Bild eines vor ihm befindlichen Gegenstandes hinter dem Spiegel verkleinert und aufrecht.

1. Die convexen Kugelspiegel heißen auch *Zerstreuungsspiegel*; warum? — Anwendung der erhabenen Kugelspiegel zur Aufnahme von Landschaften; ihre Aufstellung in Gärten.

2. Das sogenannte „Männchen“ im Auge ist ein hierher gehöriges Spiegelbild; wie so?

3. Hier mögen (Fig. 462 bis 464) die Zerrbilder oder catoptrischen Anamorphosen an convexen Cylinder- und Kegelspiegeln gezeigt, und, so gut es für diese Stufe angeht, im allgemeinen erklärt werden. — Paraboloidische und ellipsoidische Convexspiegel kommen fast nie vor.

Fig. 461.

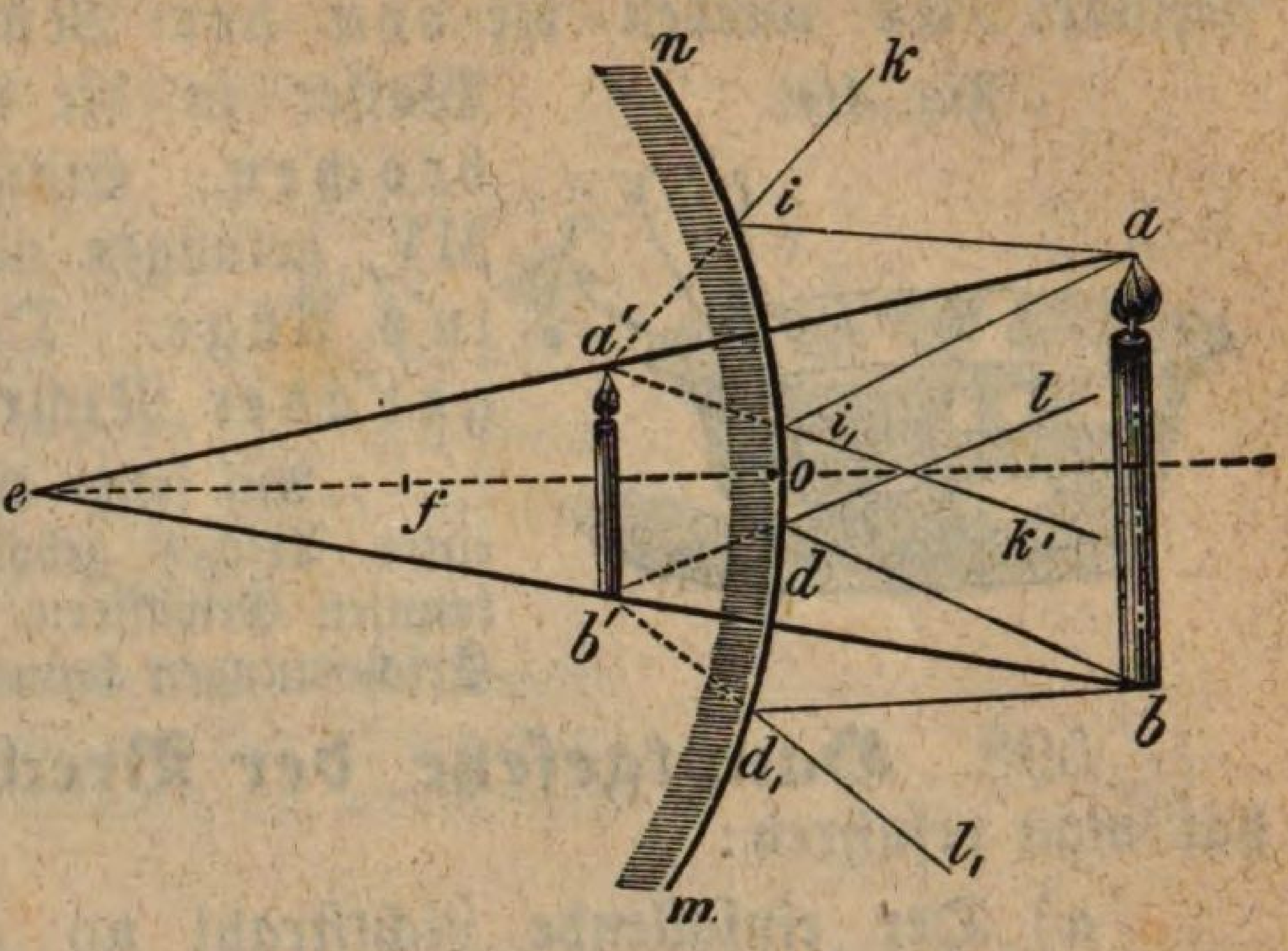


Fig. 462.

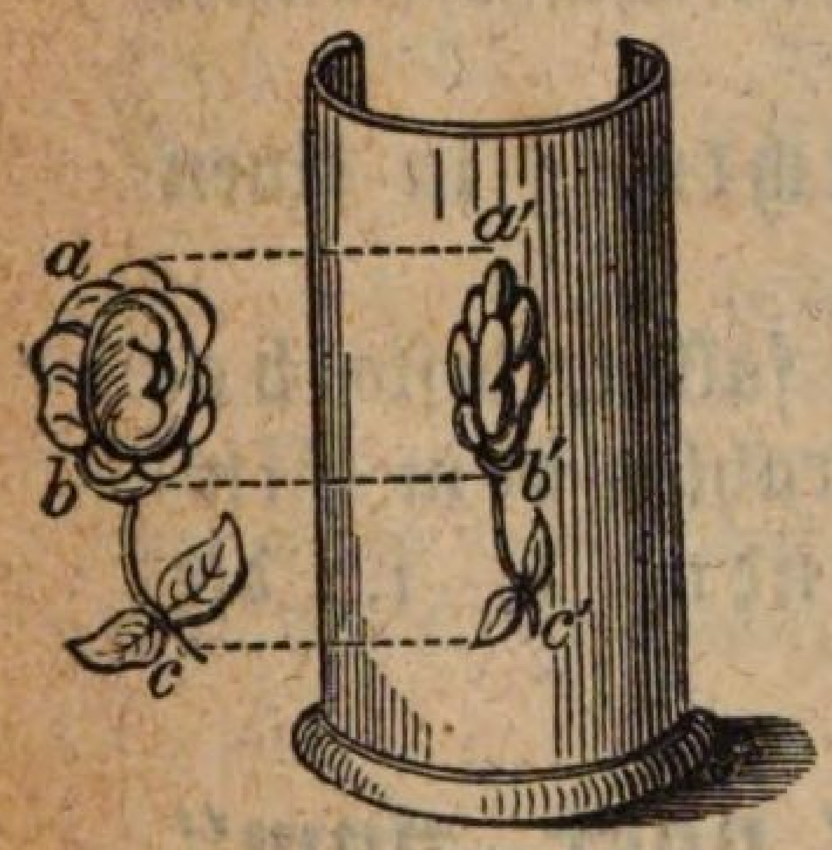


Fig. 463.

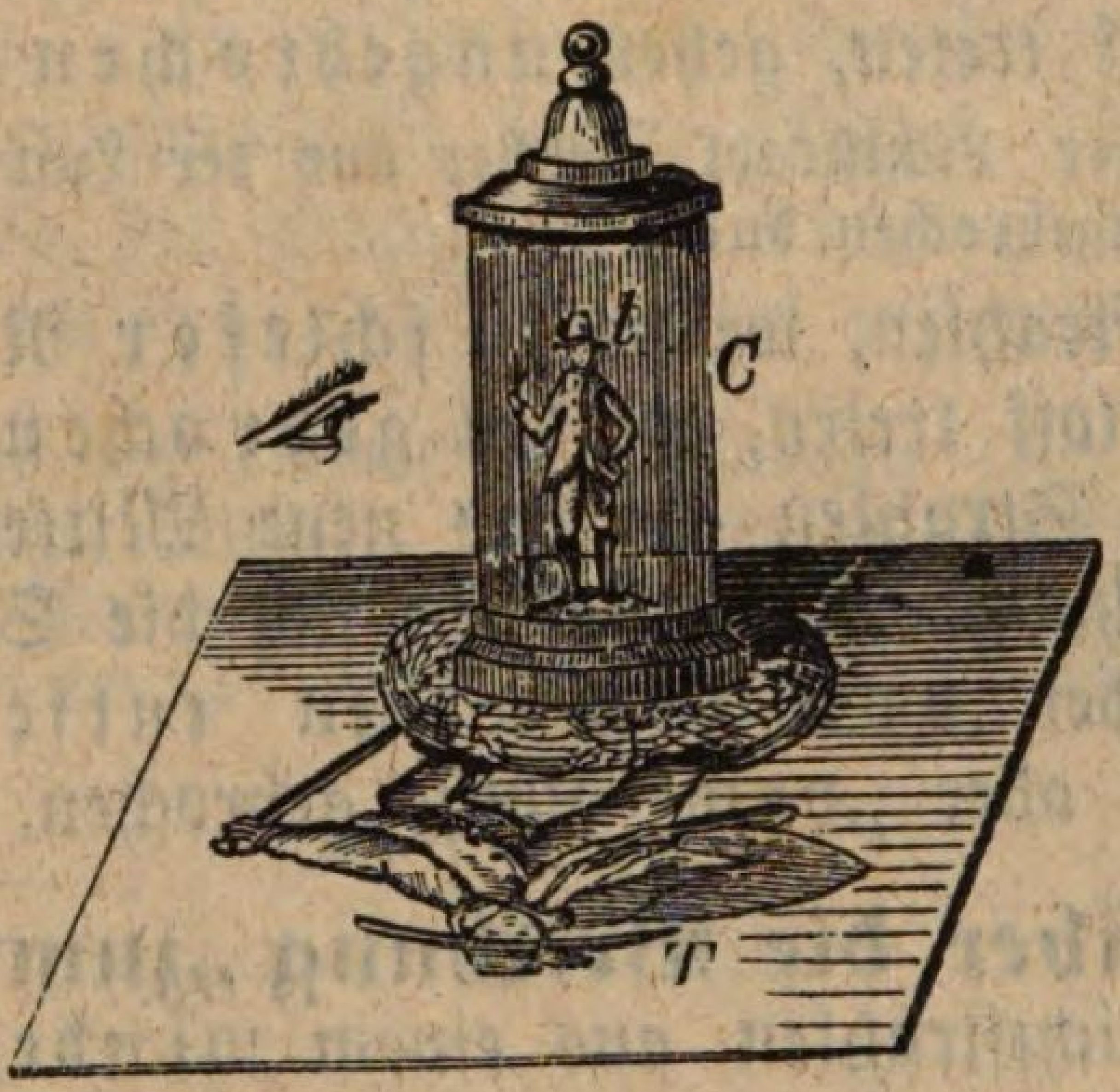
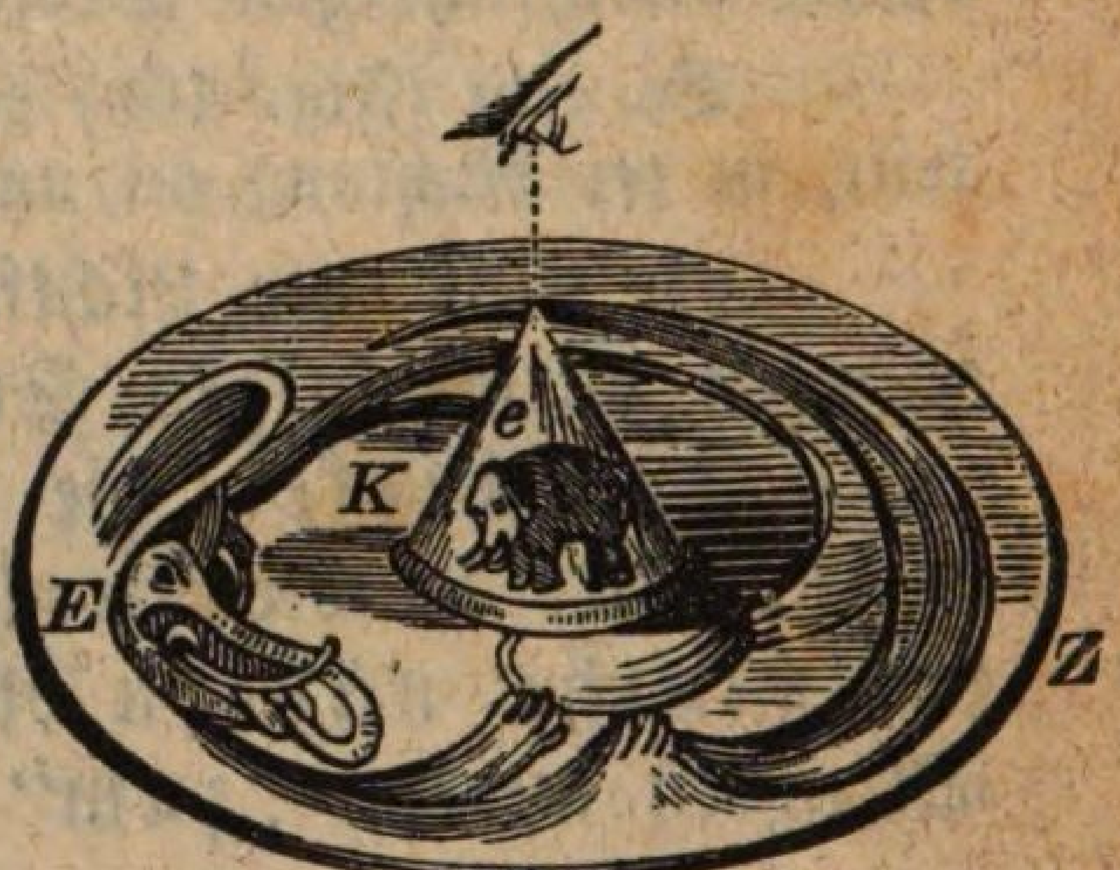


Fig. 464.



4. Die Hauptgesetze der geradlinigen Fortpflanzung, der Zurückwerfung des Lichtes sowie der Spiegel kannten schon die Alten.

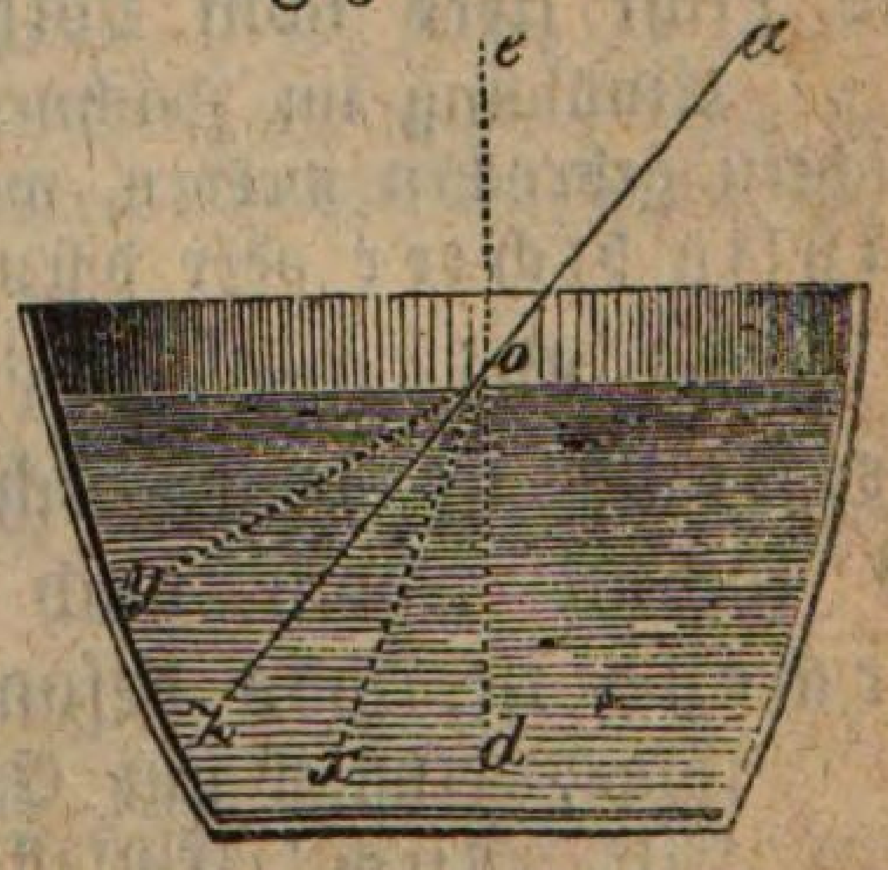
C. Die Brechung des Lichtes.

596. **Brechung des Lichtes.** Jeder Lichtstrahl ao (Fig. 465) erleidet bei seinem Uebergange aus der Luft in Wasser eine Ablenkung oder *Brechung* von seiner geradlinigen Richtung az nach x.

Der Winkel eoa, welchen der *einfallende Strahl* ao mit dem Einfallslothe eo bildet, wird *Einfallswinkel* genannt.

Der Winkel xod, welchen der *gebrochene Strahl* ox mit der Verlängerung od des Einfallslothes macht, heißt *Brechungswinkel*.

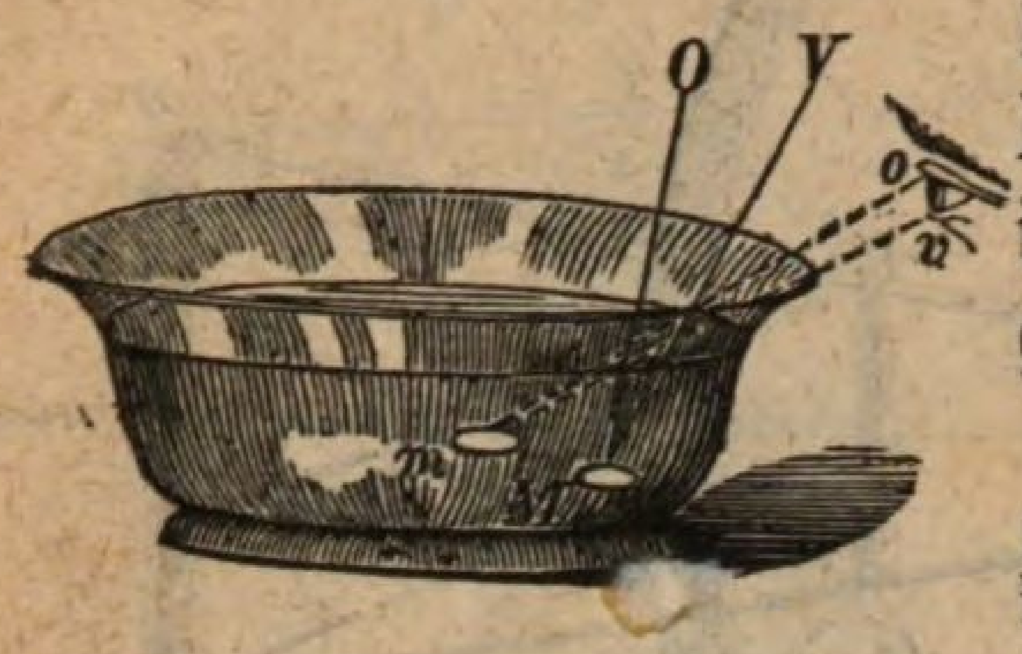
Fig. 465.



597. **Nachweis für die Brechung.** Man klebt auf den Boden eines *undurchsichtigen Gefäßes* (Fig. 466) eine *Münze* und entfernt sich so weit, daß man die Münze *nicht* mehr sieht.

Läßt man Wasser in das Gefäß gießen, so wird die Münze sichtbar. Es werden die von der Münze ausgehenden, aus dem Wasser in die Luft tretenden Lichtstrahlen gebrochen. Einige derselben, z. B. MO und MV, gelangen nun, nach o und v abgelenkt, in's Auge. Dieses erblickt die Münze M in gerader Richtung in m, d. i. höher.

Fig. 466.



Auf solche Weise scheint der Boden des Gefäßes, eines Teiches gehoben. Gefährliches Baden in unbekannten Gewässern, die seicht scheinen. — Aehnliche Erscheinungen kannten schon die Alten.

598. **Hauptgesetze der Brechung.** Durch genaue Versuche hat man erfahren:

a) Der einfallende Lichtstrahl ao (Fig. 465) und der gebrochene ox liegen mit dem Einfallslothe oe in einer und derselben Ebene, aber auf entgegengesetzten Seiten des Einfallslothes.

b) Lichtstrahlen, welche in senkrechter Richtung in einen anderen durchsichtigen Stoff treten, gehen ungebrochen durch.

So geht (Fig. 465) der Lichtstrahl, welcher aus der Luft in's Wasser senkrecht tritt, in der Richtung od ungebrochen durch.

c) Nur die Lichtstrahlen, welche in schiefer Richtung in einen anderen durchsichtigen Stoff treten, werden gebrochen.

Je schiefer die Strahlen auf das neue Mittel fallen, desto bedeutender ist die Brechung. Dabei können sich die Strahlen dem Einfallslothe nähern oder von demselben entfernen, d. i. die Strahlen werden „zum" oder „vom" Lothe gebrochen.

599. **Näheres über die Brechung „zum" oder „vom" Lothe.** a) So oft Lichtstrahlen aus einem minder dichten Stoffe in einen dichteren von derselben materiellen Beschaffenheit (z. B. aus dünnerer Luft in dichtere Luft) übertreten, werden sie „zum" Lothe gebrochen.

Ebenso ist es mit Strahlen, welche aus einem leeren Raume in irgend einen durchsichtigen Stoff übergehen.

Von zwei Stoffen heißt derjenige stärker brechend, in welchem das Licht, verglichen mit dem andern, „zum" Einfallslothe gebrochen wird.

Strahlen, zu welchen sich die durchsichtigen Stoffe umgekehrt wie vorhin verhalten, werden „vom" Lothe gebrochen. Der leere Raum bricht das Licht stets vom Lothe.

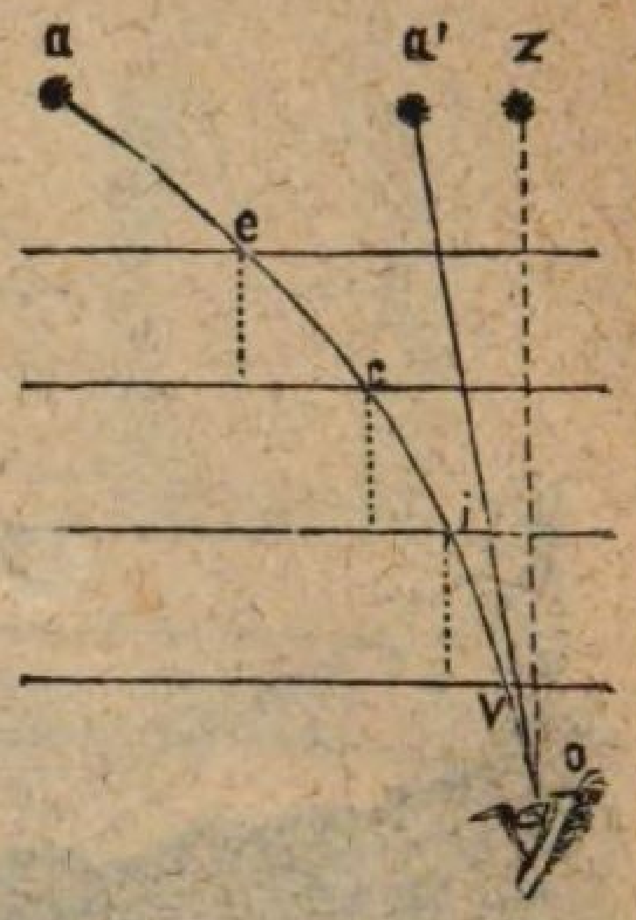
Einübung im Zeichnen von Strahlen, die „zum" oder „vom" Lothe in Luftschichten gebrochen werden, welche nach einer gewissen Richtung z. B. nach unten allmählig dichter oder dünner werden.

b) Bei zwei verschiedenen Stoffen werden die Lichtstrahlen meistens in dem dichteren derselben „zum" Einfallslothe gebrochen. Es kommt jedoch auch vor, daß der weniger dichte Stoff stärker brechend ist, was besonders von brennbaren Stoffen gilt.

Glas, Krystall und Edelsteine brechen das Licht, wenn es aus der Luft in dieselben tritt, „zum" Einfallslothe. — Der Diamant bricht das Licht sehr kräftig und wurde daher schon von Newton als brennbar erkannt.

600. **Die astronomische Strahlenbrechung.** Das Licht der Sterne (Fig. 467) tritt bei e aus dem leeren Raume in die Atmosphäre, und wird „zum" Lothe gebrochen.

Fig. 467.



Nun dringt der Strahl durch die immer dichter werdende Luft, wird folglich stets „zum" Einfallslothe gebrochen, und gelangt in der gebrochenen Linie aeciv in das Auge. Dieses sieht den Himmelskörper in der Richtung va' des letzten geraden Stückchens, somit höher als am wahren Orte.

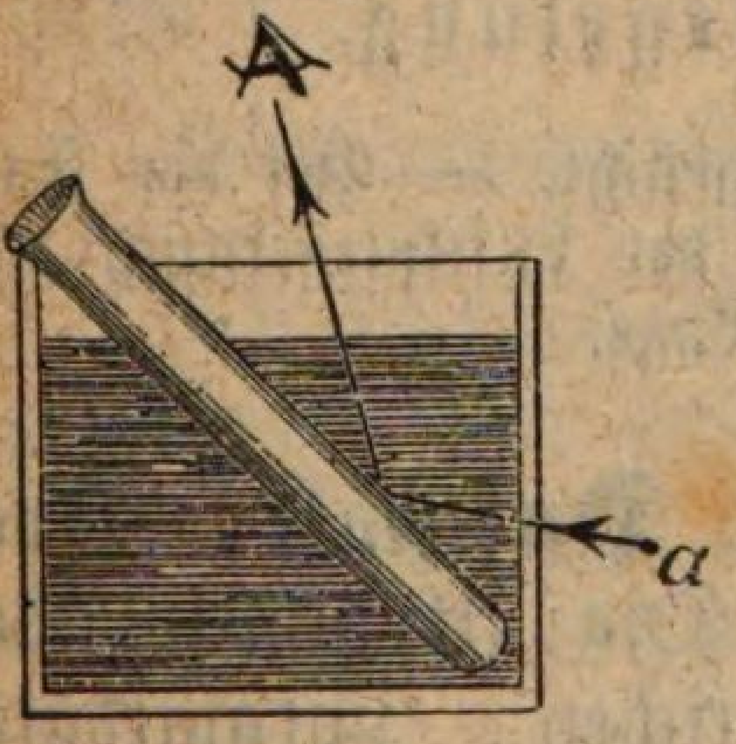
Die Dichte der Luft wächst in unmerklichen Abstufungen. Die Linie aeciv ist daher eine Krumme. Der Stern wird längs der diese Krumme im letzten Stückchen ov berührenden Geraden wahrgenommen.

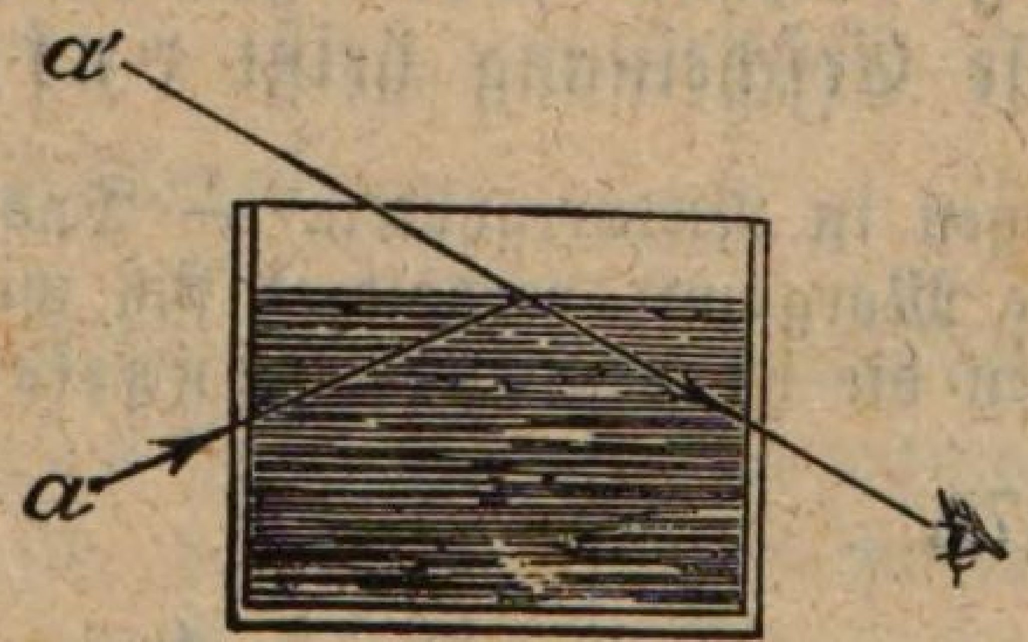
601. **Die totale Reflexion.** Je größer (Fig. 465) der Einfallswinkel eoa wird, desto mehr wächst der Brechungswinkel yod.

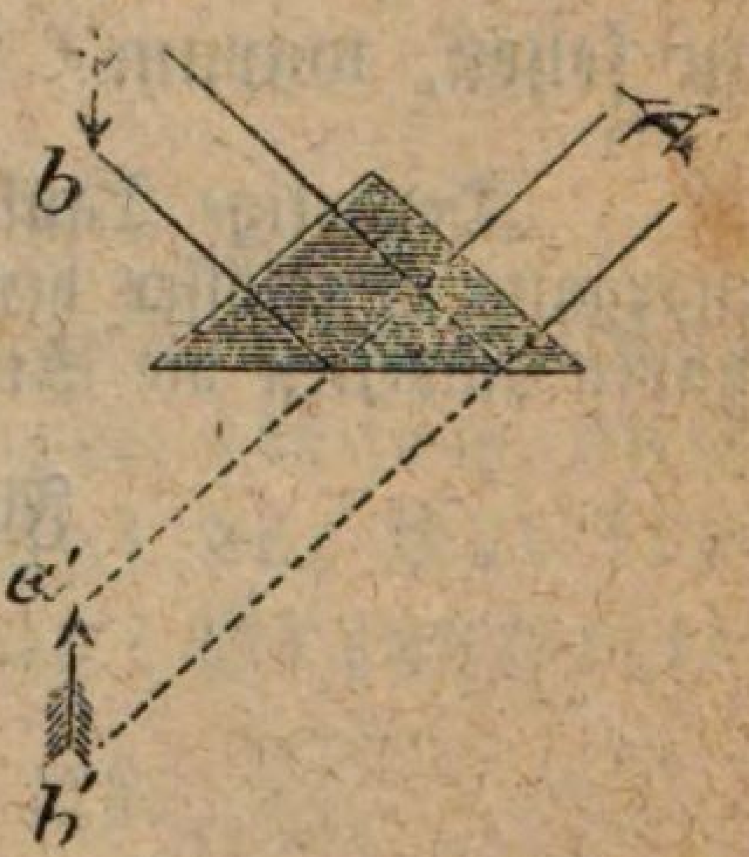
Nimmt bei einer Brechung „vom" Einfallslothe der Einfallswinkel eoa immer zu, so nähert sich in Folge dessen der gebrochene Strahl oy der Trennungsfläche beider Mittel. Wächst der Einfallswinkel noch mehr, so wird der Strahl gar nicht gebrochen, sondern vollständig zurückgeworfen d. i. „total reflectirt".

1. Man tauche ein cylindrisches Gläschen (Fig. 468) schief in ein weites Glasgefäß, welches Wasser enthält. Das Röhrchen scheint mit Quecksilber gefüllt. Die schief durch das Wasser des weiten Gefäßes kommenden Lichtstrahlen werden von der Luft im Röhrchen total reflectirt. Die Luft wirkt hier wie ein Spiegel. Und daher der Glanz!

Fig. 468. Fig. 469. Fig. 470.







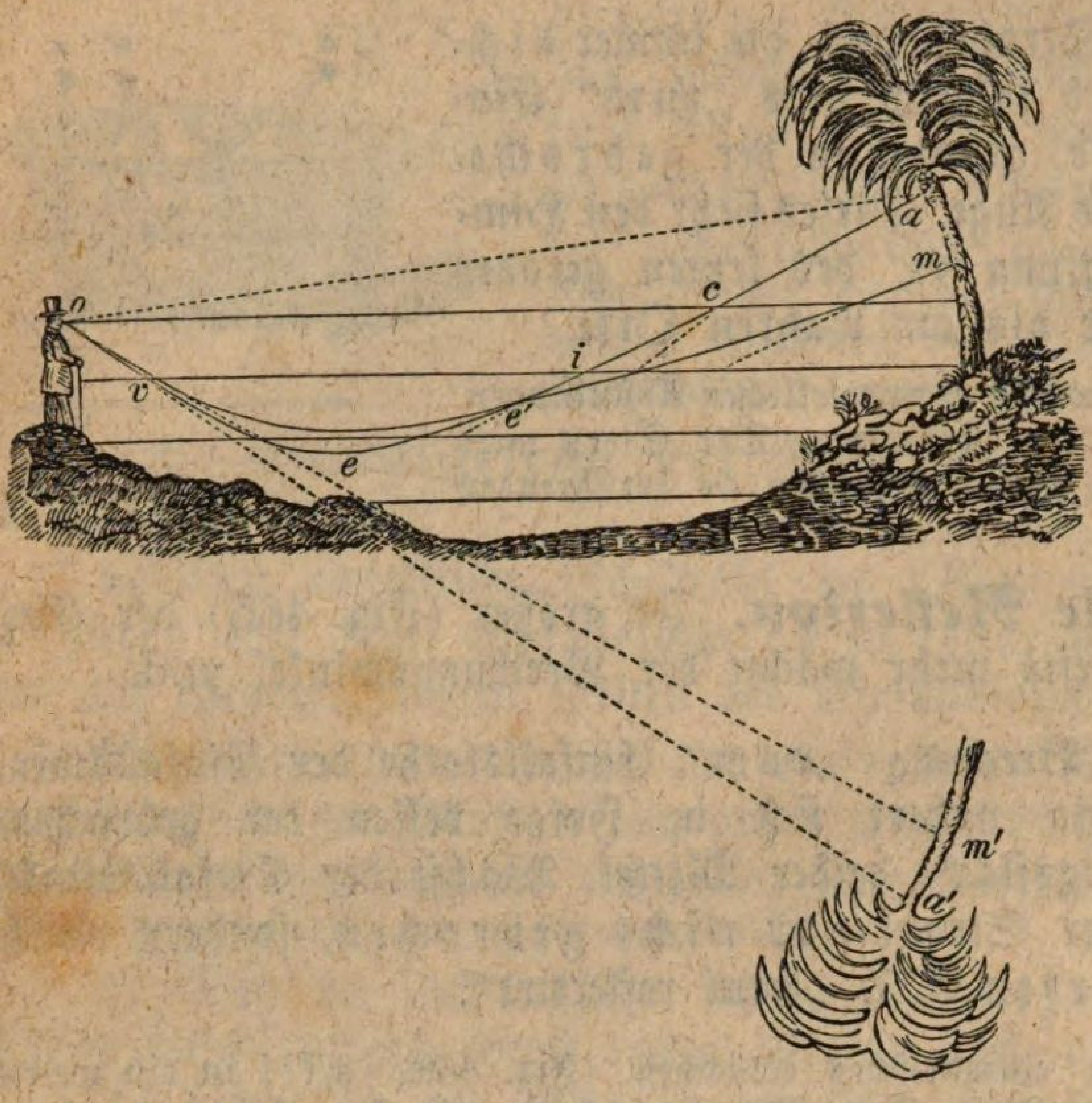
2. Leitet man Licht (Fig. 469) durch Wasser in schiefer Richtung gegen seine Oberfläche, so wird es an dieser total reflectirt. Das Licht tritt dann nicht in die Luft, sondern wird wie an einem Planspiegel zurückgeworfen. Im Wasser schwebende Kreidetheilchen zeigen diesen Strahlengang.

3. Rechtwinklige, gleichschenklige Glasprismen (Fig. 470) werfen an der Hypothenuse das Licht gänzlich zurück. Und daher ihre Anwendung als Planspiegel bei guten mathematischen Instrumenten.

4. Ein spiegelndes Prisma zeigt das Bild eines verkehrten Gegenstandes aufrecht. Hierauf beruhen einige interessante optische Verwandlungen. — Ausführliches über diese und verwandte Erscheinungen in Pisko's „Licht und Farbe" (München 1869).

602. **Die Luftspiegelung.** Wird (Fig. 471) der Erdboden von der Sonne *stark erhitzt*, so werden die Luftschichten von *unten nach oben dichter* (wieso?). Lichtstrahlen eines Gegenstandes am, welche *schief* gegen den Boden gerichtet sind, werden immerfort *vom* Einfallslothe abgelenkt. Dabei wird ihre Richtung stets *schiefer*, bis sie endlich in eine *dünnere* Schichte nicht mehr eintreten können, sondern bei e *vollständig zurückgeworfen* werden. Jetzt erleidet der Strahl stets eine Brechung *zum* Einfallslothe. Er gelangt daher auf dem Wege acievo ins Auge, welches ein Bild des Punktes a in a' sieht.

Fig. 471.

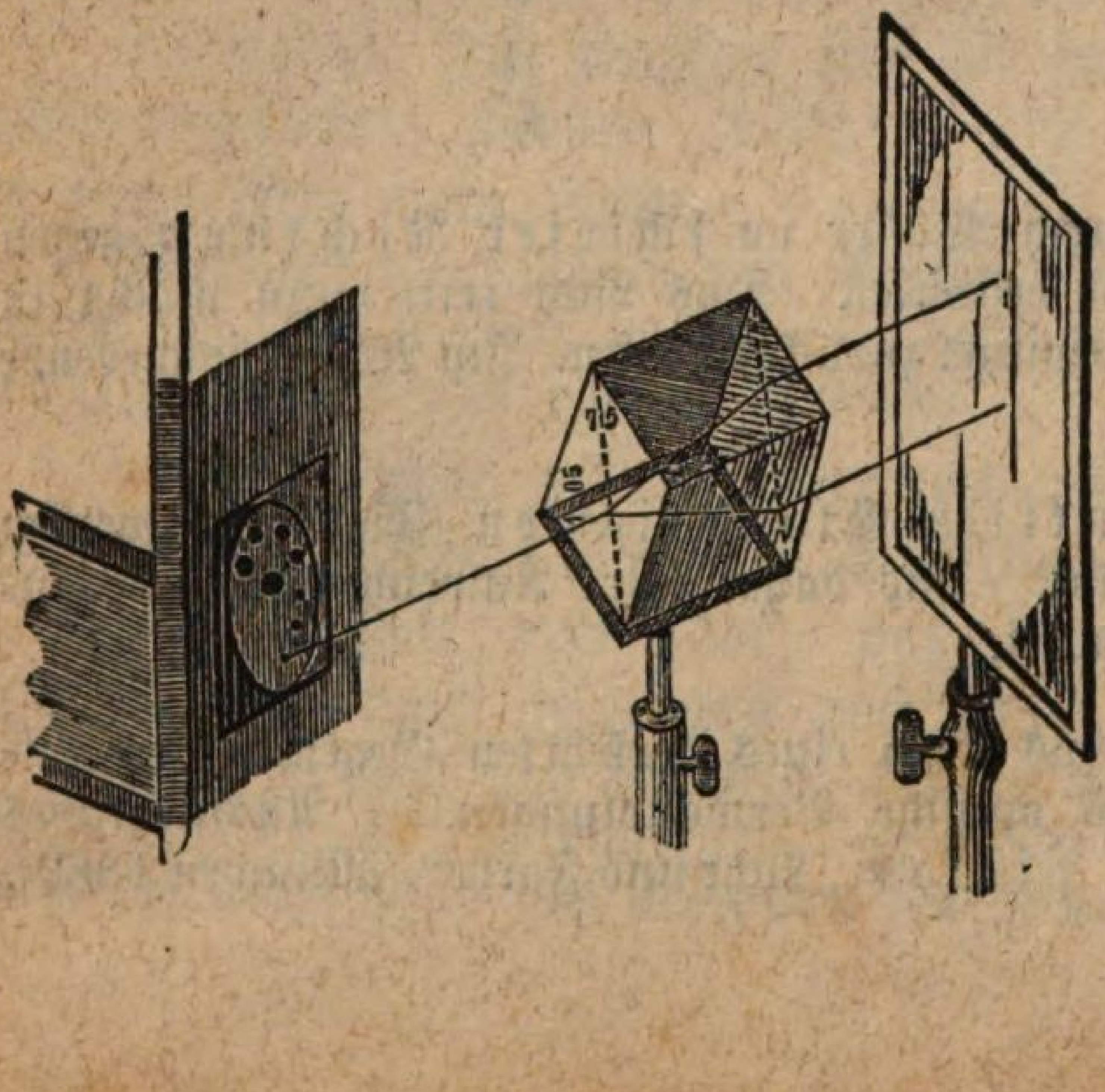


Von einem *tiefer* liegenden Punkte m des Gegenstandes kann das Auge nur Strahlen erhalten, die *schiefer* gerichtet sind, welche daher in einer *höheren* Schichte als bei e *völlig zurückgeworfen* werden. Das Bild des Punktes m erscheint in m'. Das *Bild* des Gegenstandes ist daher *umgekehrt*. Man glaubt nun eine *Wasserfläche* zu sehen, warum? Diese Erscheinung heißt *Luftspiegelung*.

Derartige Täuschungen in Niederegypten. — Das Seegesicht. — Bei der Fata morgana (Schlösser der Fee Morgana) verhält es sich wie bei der Luftspiegelung, nur haben zuweilen die Strahlen die *direkt entgegengesetzte* Lage.

603. **Doppelte Brechung.** Die Krystalle des rhomboëdrischen, pyramidalen und des prismatischen Systems, (z. B. ein Kalkspath Fig. 472) theilen das eintretende Licht in zweierlei Strahlen, welche verschieden stark gebrochen werden.

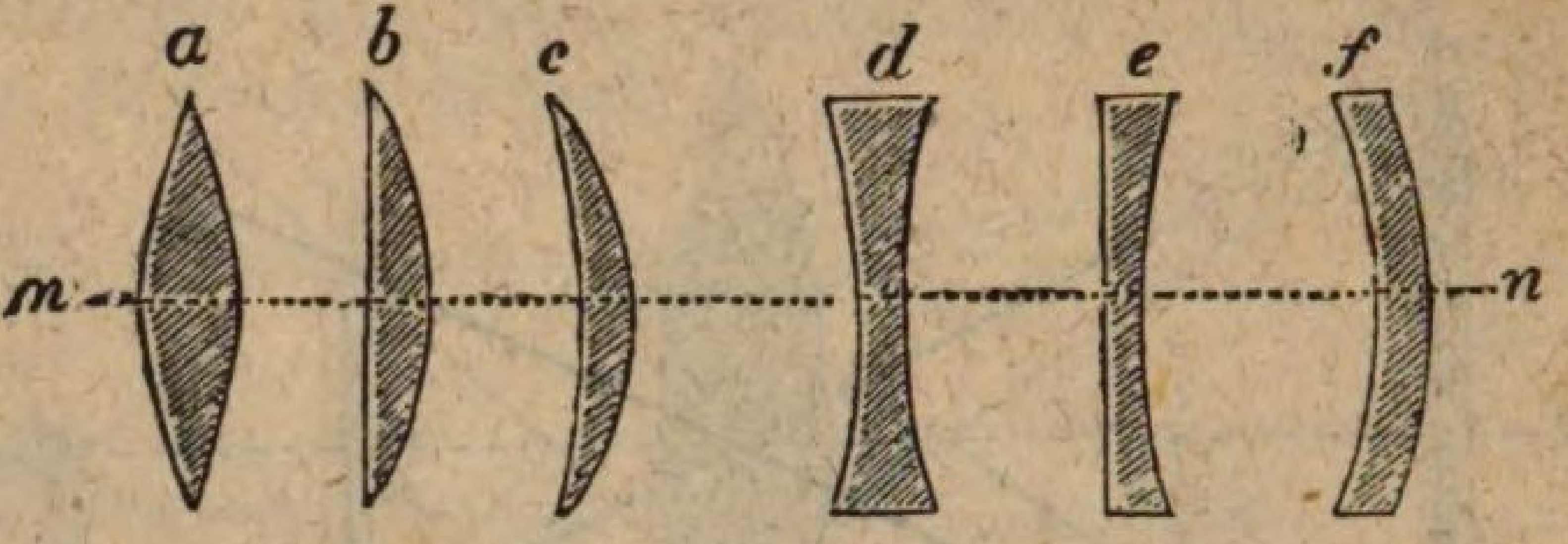
Fig. 472.



Doppelte Bilder, wenn man einen Kalkspath auf einen Punkt, auf Schriftzeichen &c. legt. — *Bartholin* 1669.

604. **Sphärische Linsen.** Ein durchsichtiger Stoff (Fig. 473), der von zwei Kugelabschnitten oder von einem Kugelabschnitte und von einer Ebene begrenzt wird, heißt eine sphärische Linse.

Fig. 473.



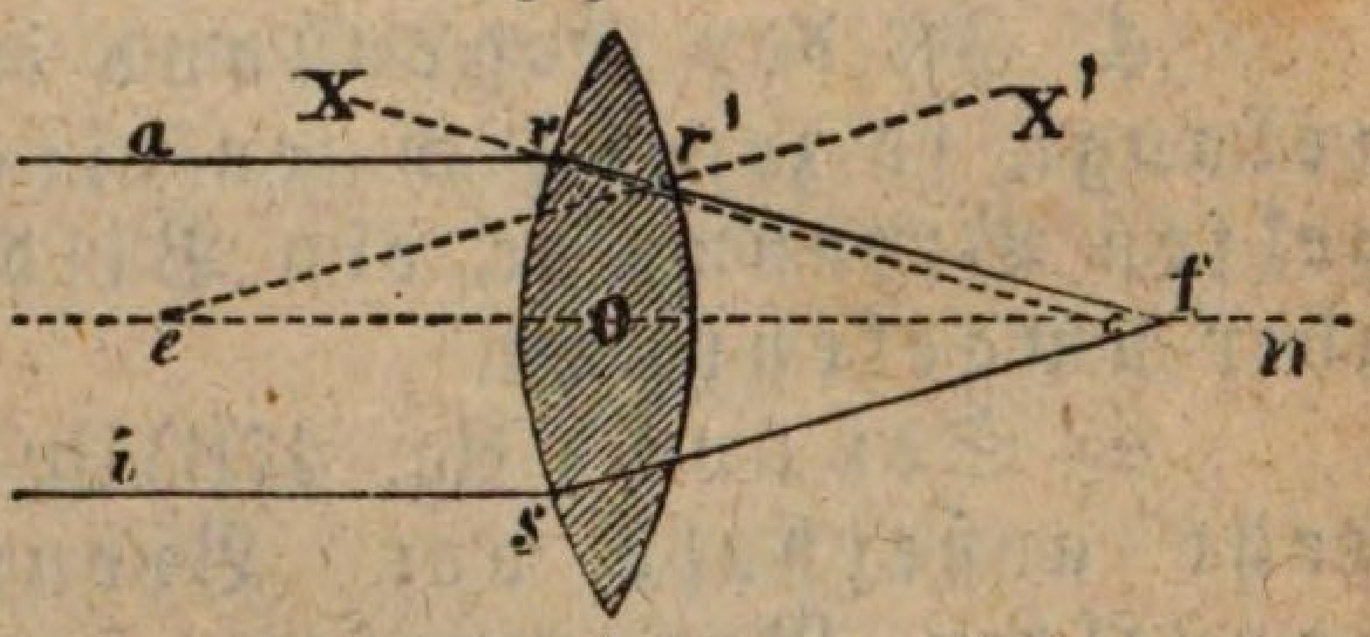
Die Linse a heißt biconvex, b planconvex, c concavconvex, d biconcav, e planconcav, f convexconcav.

Bei jeder Linse ist die Gerade mn, welche durch die Mitte beider Begrenzungsflächen geht, ihre Axe.

Wann heißt eine Linse biconvex? planconvex? u. s. w. — Antwort aus Fig. 473.

605. **Die Strahlenbrechung in sphärisch convexen Linsen.** a) Bei sphärisch convexen Linsen durchschneidet jeder parallel zur Axe auffallende Lichtstrahl, nach der Brechung, die Axe.

Fig. 474.

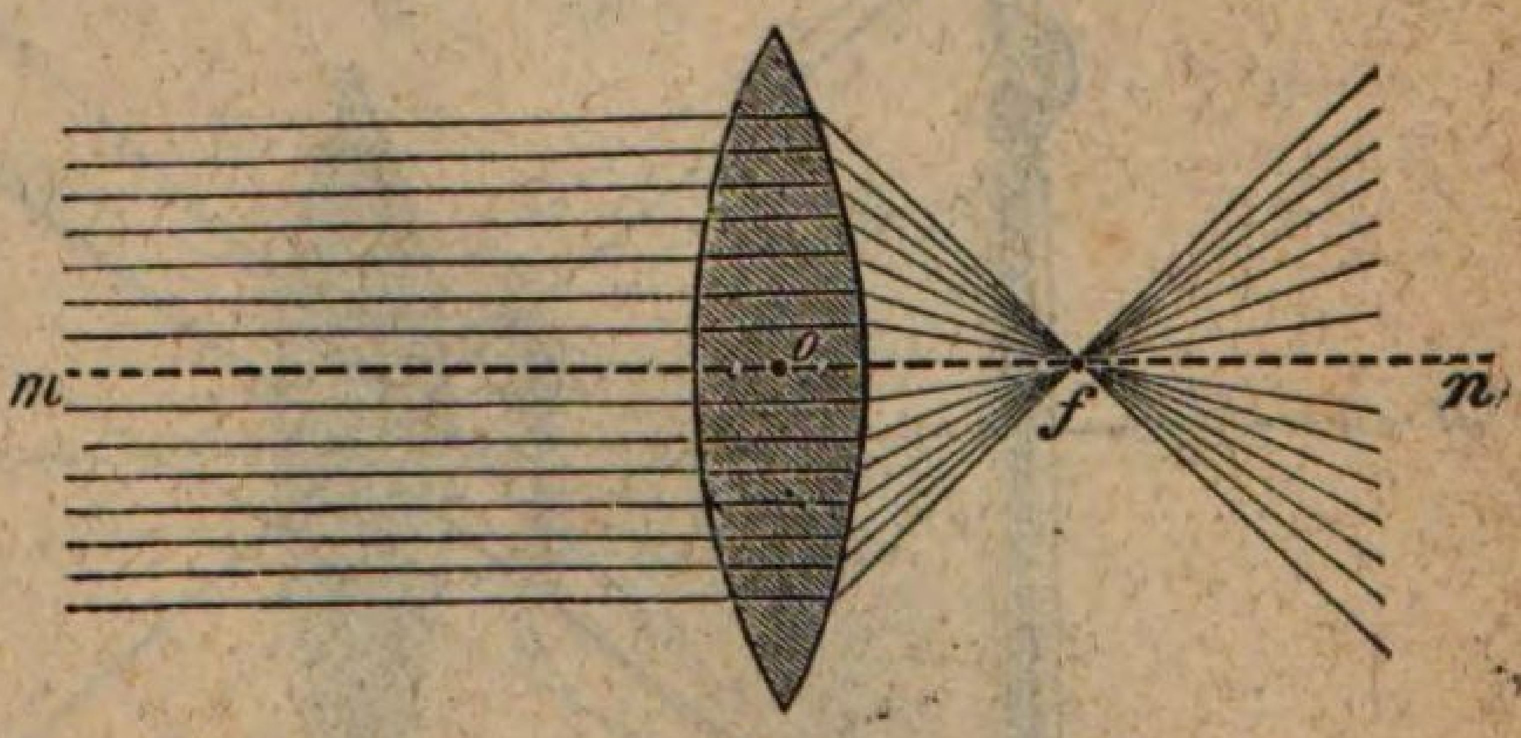


Die Einfallslothe sind (Fig. 474), wie die Geometrie lehrt, die von den Krümmungsmittelpunkten c und e zu den Auffallspunkten der Strahlen gezogenen Halbmesser cr und er′ u. s. w. Fällt nun ein Lichtstrahl ar parallel zur Axe auf, so wird er beim Eintritte in die Linse zum Einfallslothe cr und beim Austritte vom Einfallslothe er′ gebrochen und durchschneidet die Axe im Punkte f.

Einübung derartiger Constructionen.

b) Fallen (Fig. 475) die Lichtstrahlen parallel und nahe zur Axe einer convexen Linse auf, so vereinigen sie sich, nach der Brechung, hinter der Linse in einem auf der Axe liegenden „Brennpunkte" f. Der Abstand fo heißt Brennweite.

Fig. 475.



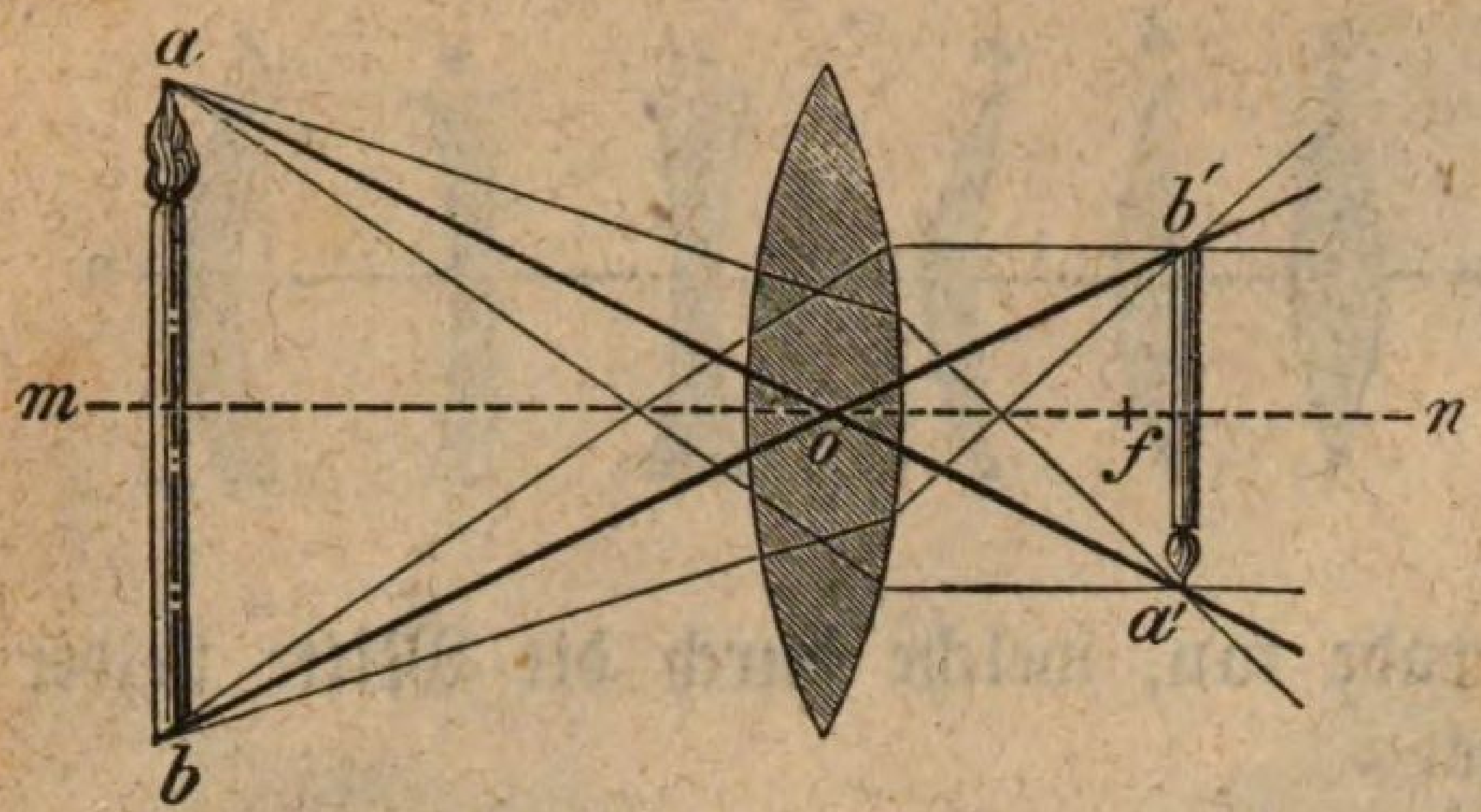
Auffindung des Brennpunktes mittels des Sonnenlichtes. — Die convexen Linsen heißen Sammellinsen, Brennlinsen oder Brenngläser; warum?

c) Lichtstrahlen (Fig. 475), welche vom Brennpunkte f die Linse treffen, verlassen dieselbe, auf der entgegengesetzten Seite der Linse, in paralleler Richtung zur Axe.

Zeichne die einfallenden und gebrochenen Strahlen!

606. **Die Bilder von leuchtenden Gegenständen mittels sphärischer convexer Linsen.** a) Befindet sich (Fig. 476) ein leuchtender Gegenstand ab vor der doppelten Brennweite einer convexen Linse, so erscheint ein verkleinertes und verkehrtes Bild b′a′ desselben hinter der Linse, außerhalb ihrer Brennweite, jedoch näher als die doppelte Brennweite.

Fig. 476.



b) Steht der Gegenstand sehr ferne von der doppelten Brennweite einer convexen Linse, so erscheint sein Bild, jenseits der Linse, fast im Brennpunkte f, verkleinert und umgekehrt.

c) Nähert sich der Gegenstand der doppelten Brennweite, so rückt auch das Bild, jenseits der Linse, vom Brennpunkte nach dem Grenzpunkte der doppelten Brennweite hin; bleibt aber immer verkleinert und umgekehrt.

d) Ist der Gegenstand in der doppelten Brennweite angelangt, so zeigt sich jenseits der Linse, ebenfalls in der doppelten Brennweite, ein Bild, welches ihm an Größe gleicht, aber umgekehrt ist.

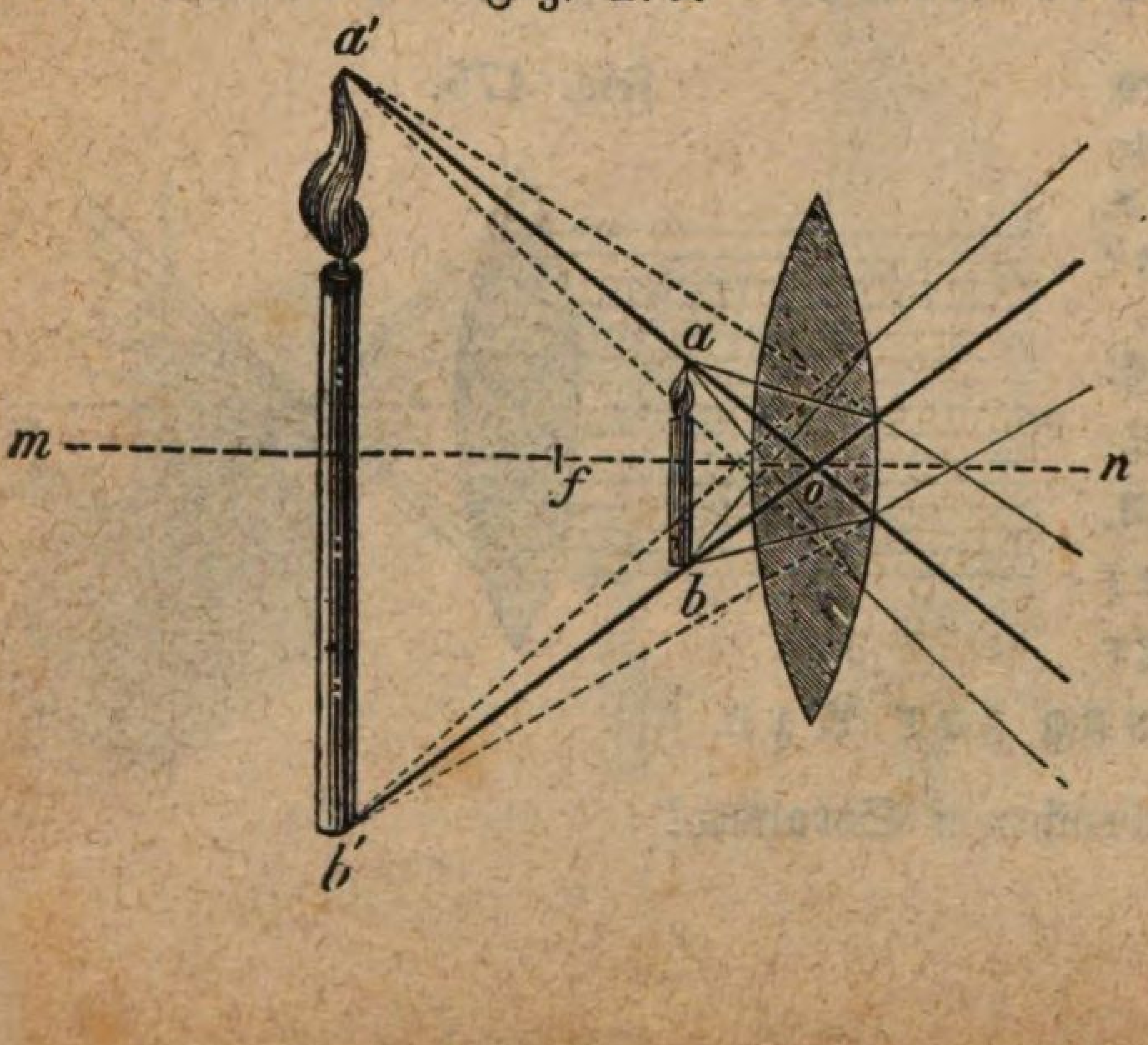
e) Sei nun (Fig. 476) b′ a′ der Gegenstand und derselbe stehe außerhalb der Brennweite, jedoch innerhalb der doppelten Brennweite; so zeigt sich jenseits der Linse, außerhalb der doppelten Brennweite, sein Bild ab vergrößert und umgekehrt.

f) Das Bild entfernt sich um so mehr von der Linse und wird um so größer, je näher der Gegenstand an den Brennpunkt kommt.

g) Kommt der Gegenstand in den Brennpunkt, so erscheint kein Bild, weil die Lichtstrahlen jenseits der Linse in paralleler Richtung austreten.

Die convexe Linse wird als Beleuchtungslinse bei verschiedenen Apparaten und bei Leuchtthürmen angewendet.

Fig. 477.

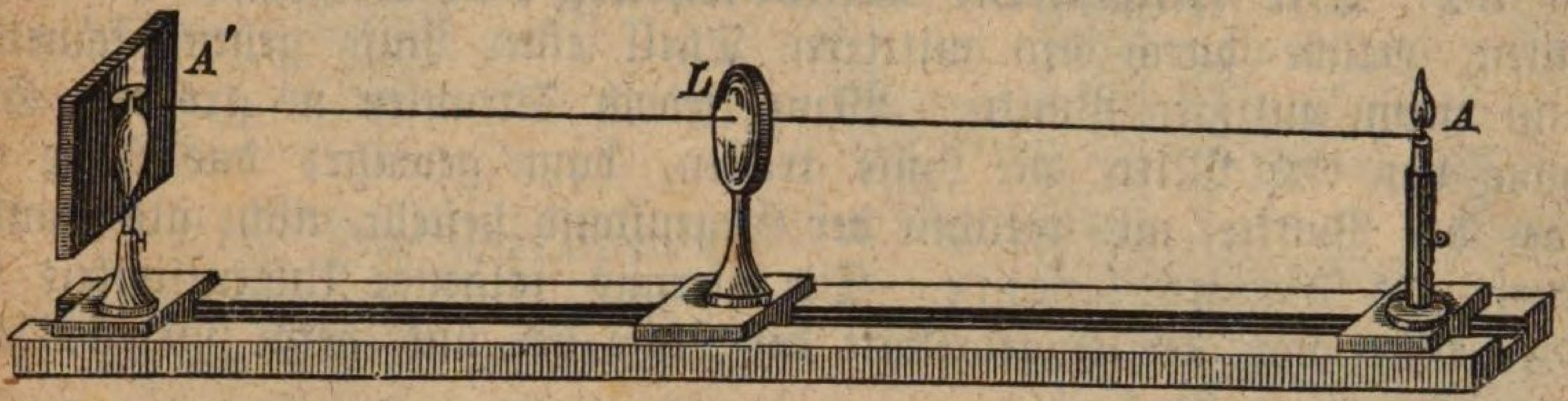


h) Kömmt der Gegenstand ab (Fig. 477) innerhalb der Brennweite zu stehen, so sieht das durch die Linse blickende Auge ein Bild a′b′ auf der nämlichen Seite der Linse, auf welcher sich der Gegenstand befindet, und zwar

vergrößert, aufrecht und weiter entfernt von der Linse als den Gegenstand.

1. Weiße Papier- oder Leinwandschirme (Fig. 478), Rauchwolken u. dgl. dienen zum Auffangen der von Linsen erzeugten, wirklichen Bilder.

Fig. 478.

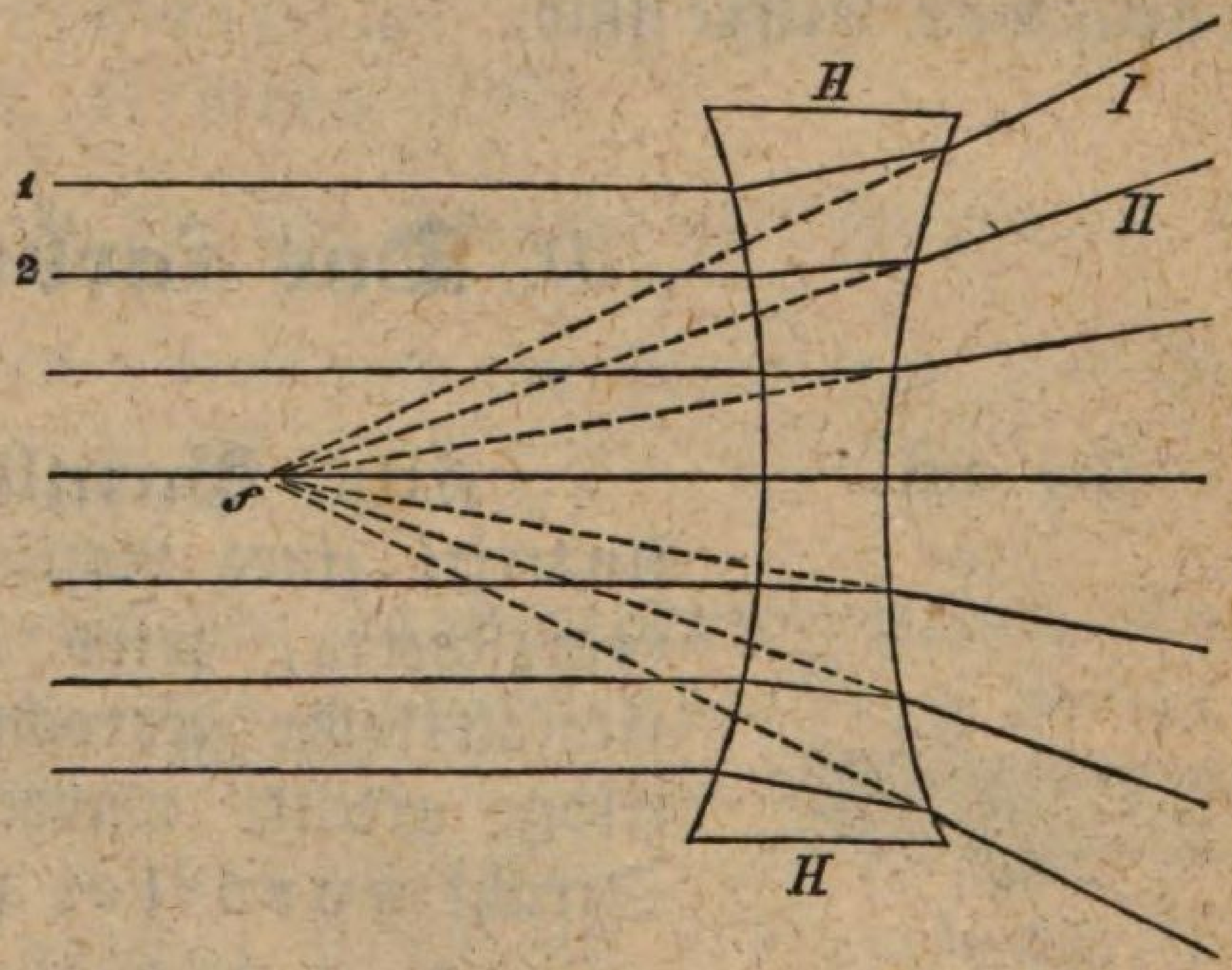


2. Eine Sammellinse gegen einen entfernten hellen Gegenstand, z. B. gegen einen beleuchteten Baum, ein Haus &c. mit ihrer Oberfläche parallel gehalten, gibt in passender Entfernung auf einer weißen Wand ein deutliches Bild des entfernten Gegenstandes. Der Abstand dieses Bildes von der Linse, d. i. die Bildweite, ist nahezu gleich der Brennweite der Linse. — Versuche.

3. Guckkästen. — Die sogenannten Pano- und Cosmoramen.

607. **Concave Linsen.** Die concaven Linsen d, e, f (Fig. 473) sind in ihrem Baue den convexen Linsen geradezu entgegengesetzt. Es läßt sich daher schließen, daß sie auch in ihrer Wirkungsweise jenen entgegengesetzt sein werden.

Fig. 479.

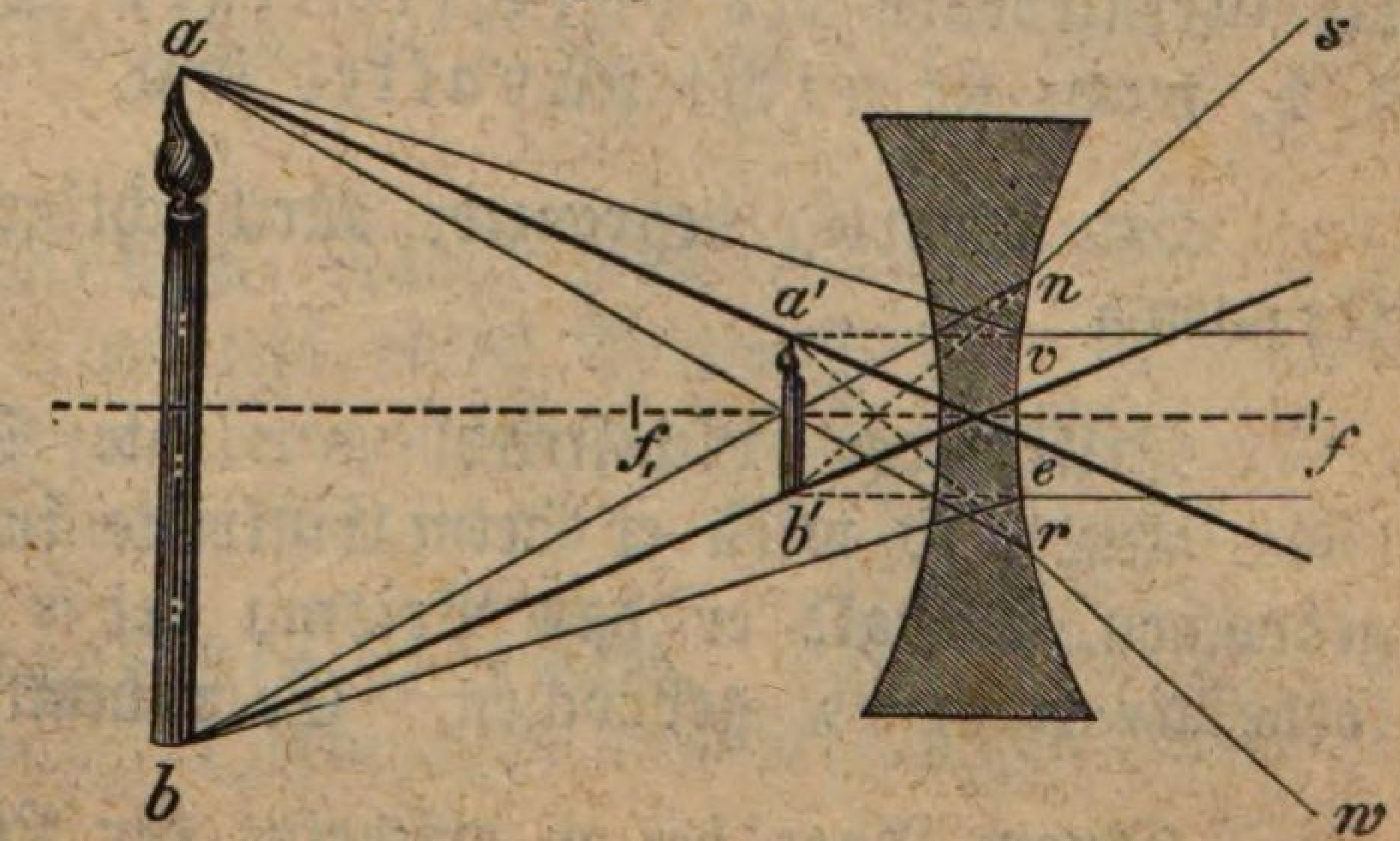


In der That treten hier (Fig. 479) parallel zur Axe auffallende Lichtstrahlen jenseits der Linse in auseinander laufenden Richtungen so heraus, als ob sie von einem auf der Axe, nahe vor der Linse liegenden Punkte f kämen.

Dieser Punkt heißt der geometrische oder imaginäre Brennpunkt der Hohllinse.

Die Hohllinse heißt auch Zerstreuungslinse. Hält man eine Hohllinse so gegen die Sonne, daß die Fläche der ersteren von den Sonnenstrahlen nahezu senkrecht getroffen wird, so bekommt man auf der andern Seite der Linse auf einem weißen Papierschirm einen schwarzen Fleck mit einem lichten Ring; wie kommt das?

Fig. 480.



Das Bild a'b' (Fig. 480) eines Gegenstandes ab wird mittels einer

concaven Linse, deren geometrischer Brennpunkt f ist, von einem durch die Linse blickenden Auge aufrecht, verkleinert und näher als der Gegenstand gesehen.

Eine Hohllinse kann kein wirkliches Bild erzeugen; warum nicht?

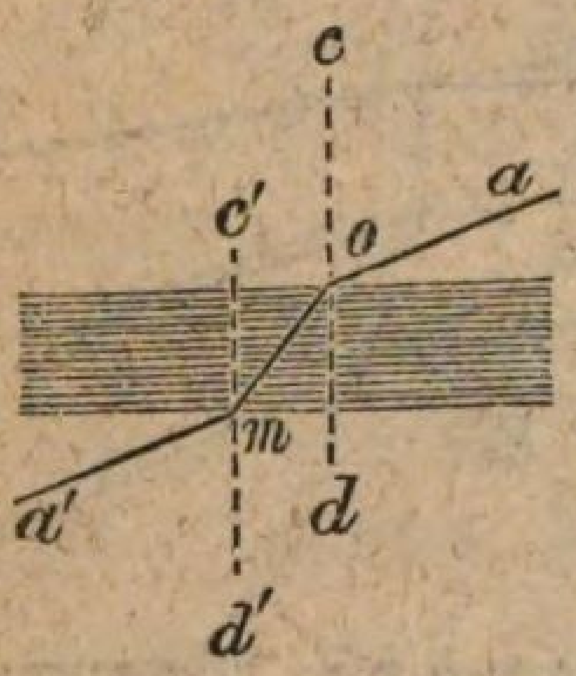
608. **Die sphärische Abweichung der Linsen.** Die Lichtstrahlen, welche durch den mittleren Theil einer Linse gehen, schneiden sich in einem einzigen Punkte. Wenn jedoch Strahlen in größerer Entfernung von der Mitte die Linse treffen, dann gewahrt das Auge die Bilder der Punkte, aus welchen der Gegenstand besteht, nicht als Punkte, sondern als kleine Kreise. Die hieraus folgende Undeutlichkeit der Bilder rührt von der Kugelgestalt der Linse her und heißt sphärische Abweichung.

Aehnlich erleiden auch die Hohlspiegel (Seite 216) eine sphärische Abweichung.

609. **Blendungen.** Um die sphärische Abweichung zu vermindern, bedeckt man die Linsen mit undurchsichtigen, kreisförmigen Ringen, Blendungen oder Diaphragmen. Es werden dadurch die störenden Randstrahlen abgehalten. Jener Theil der Linse, welcher das Licht durchläßt, heißt ihre Oeffnung. Die sphärische Abweichung ist desto größer, je bedeutender die Krümmung und die Oeffnung der Linse sind.

D. Das farbige Licht.

Fig. 481.



610. **Parallele Begrenzungen.** Beim Austritt eines Lichtstrahles ao (Fig. 481) aus einer Glasscheibe, wird derselbe gerade um so viel vom Einfallslothe gebrochen, als er beim Eintritt zu demselben gelenkt wurde. Hier ist also der austretende Strahl parallel zum eintretenden Strahl.

Durch Fensterglas sieht man alles nahezu richtig, außer man blickt in sehr schiefer Richtung durch; wie kommt dies?

611. **Das Prisma.** Anders verhält es sich, wenn (Fig. 482) die Grenzebenen des durchsichtigen Stoffes einen Winkel einschließen, d. h. wenn sie nicht parallel sind.

Ein derartig begrenzter durchsichtiger Stoff heißt in der Optik ein Prisma.

Trifft der Lichtstrahl sr die Seitenfläche eines Glasprismas (Fig. 482), so wird er beim Eintritte in dasselbe zum Einfallslothe mr gebrochen. Sobald er das Prisma bei v verläßt, wird er vom Einfallslothe nv nach vw gebrochen. Er nimmt den Weg srvw.

Einem Auge bei w erscheint der Lichtpunkt nach s′ gesenkt.

Der Winkel aco heißt der **brechende Winkel**. Je größer dieser ist, desto **bedeutender** ist auch die Ablenkung des Lichtstrahles srw'. — Brechende Kante?

Fig. 482.

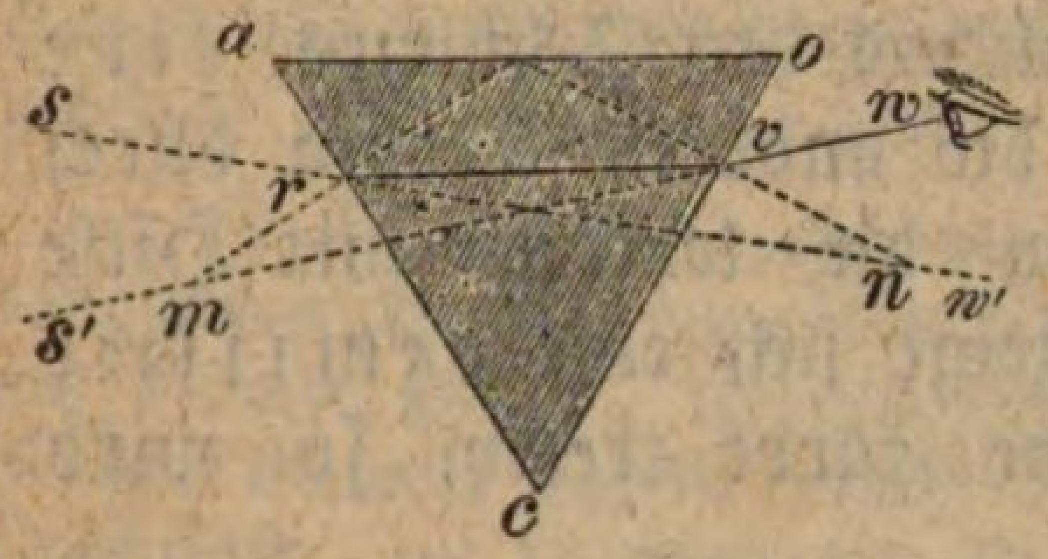
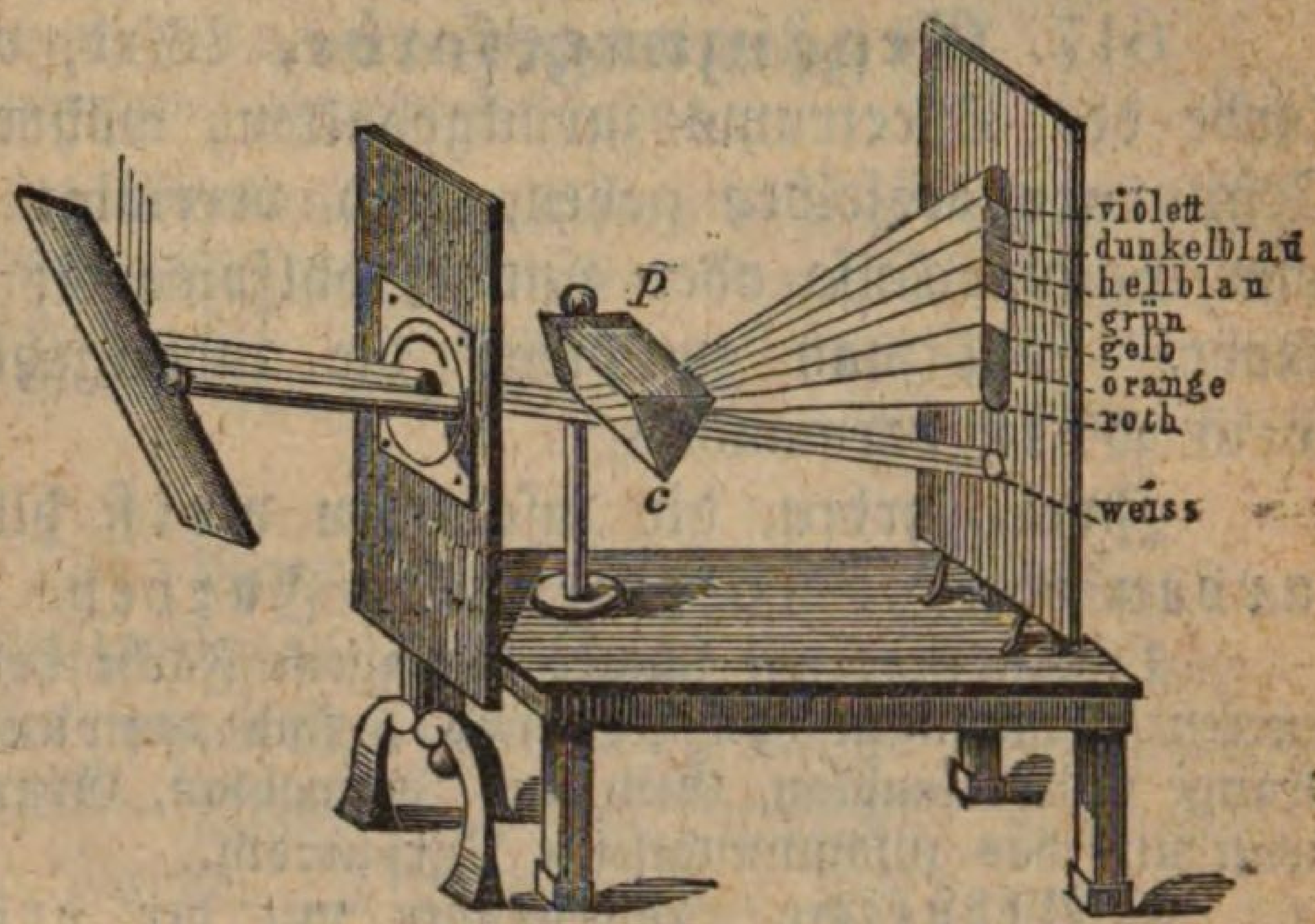


Fig. 483.



612. **Die Farbenzerstreuung.** Bringt man (Fig. 483) in die parallelen Lichtstrahlen einer Dunkelstube ein Glasprisma p c mit der brechenden Kante nach unten; so erfolgt eine Ablenkung des Sonnenbildes nach **oben**. Ueberdies erscheint jetzt das Sonnenbild nicht mehr **weiß**, sondern als ein in die Länge gezogenes **Farbenbild** oder als **Sonnen-Spectrum**. An diesem unterscheidet man von **unten** nach **oben**: **roth, orange, gelb, grün, hellblau, dunkelblau, violett.**

Diese Farben heißen **prismatische**. Sie gehen durch unmerkliche Abstufungen in einander über. **Newton** 1666.

1. Die Farbenzerstreuung ist also eine Zerlegung oder Analyse des farblosen Lichtes.

2. Die lichteinlassende Oeffnung kann auch eine Spalte sein. Das Farbenbild ist dann rechteckig und die einzelnen Farben liegen parallel zur Spalte; wie verhält es sich, wenn die brechende Kante nach oben gekehrt ist?

613. **Bedingungen für die Farbenzerstreuung.** Das Auseinandertreten der Farben ist desto **bedeutender**, je **größer** der **brechende** Winkel des Prismas ist. Ist der letztere **klein**, so erscheint das Farbenbild **nicht vollständig** entwickelt. Es ist dann an einem Ende **roth bis gelb**, am anderen **blau** bis **violett** gefärbt, in der Mitte aber noch **weiß**.

614. **Die Zusammensetzung des Lichtes.** Die farbigen Strahlen des Spektrums lassen sich in dem Brennpunkte einer sammelnden Linse oder eines Hohlspiegels zu einer weißen, runden Lichtscheibe vereinigen.

615. **Einfache Farben.** Fängt man Strahlen einer Spectral-Farbe, z. B. der rothen, vermittels eines Prismas auf; so werden diese noch einmal abgelenkt, bleiben aber unzerstreut und behalten ihre Farbe. Die prismatischen Farben sind also **einfach** oder **homogen**.

616. **Zusammengesetzte Farben.** Läßt man zwei Farben, z. B. **blau** und **gelb**, durch Oeffnungen des Auffangschirmes und ver-

einigt sie mittels einer Sammellinse; so zeigt sich im Brennpunkte der letzteren eine andere Farbe und zwar in dem angenommenen Falle *grün*. Diese Farbe läßt sich mittels eines Prismas in ihre Bestandtheile zerlegen; sie ist *zusammengesetzt, gemischt* oder *heterogen*.

617. **Ergänzungsfarbe.** Wird, vermittels des Schirmes, *eine* Farbe des Spectrums zurückgehalten, während die anderen Farben durch Oeffnungen desselben gehen, und vereinigt man die letzteren mit Hilfe einer Sammellinse oder eines Hohlspiegels; so zeigt sich eine *gemischte* Farbe. Läßt man zu dieser die zurückgehaltene Farbe treten, so wird sie in *weiß* verwandelt.

Zwei Farben, die zusammen *weiß* bilden, heißen *Ergänzungsfarben* oder *complementäre Farben*.

1. Eine jede wie immer beschaffene Farbe hat ihre Ergänzungsfarbe. Nach den neueren Forschungen von *Helmholtz* sind complementär: Roth und Grünlichblau, Orange und Cyanblau, Gelb und Indigoblau, Grünlichgelb und Violett, das einfache Grün und das zusammengesetzte Purpurroth.

2. *Bläuliche* Lampengläser mit der *orangegelblichen* Lampenflamme geben weißes Licht. *Parrot* 1791.

618. **Die natürliche Farbe der Körper.** Ein *undurchsichtiger* Körper erscheint im Sonnenlichte *weiß*, wenn er Strahlen von jedem Grade der Brechbarkeit und nahezu in demselben Mischungsverhältnisse, wie sie im Sonnenlichte vorkommen, zurückwirft. Er erscheint *schwarz*, wenn er Strahlen jeder Farbengattung, die ihn treffen, nahezu gänzlich verschluckt oder absorbirt. Er zeigt im Sonnenlichte irgend eine Farbe, wenn die auf ihn fallenden, farblosen Sonnenstrahlen in ihre farbigen Bestandtheile zerlegt werden, von denen ein Theil *zurückgeworfen* wird, und dem Körper seine Farbe („Localfarbe") *verleiht*, der andern aber in den Körper tritt und hier fast gänzlich ausgelöscht (absorbirt) wird. — Beispiele.

Auf ähnliche Art erklärt man auch die Farben, welche die *durchsichtigen* Körper im zurückgeworfenen oder durchgelassenen Sonnenlichte zeigen. — Beispiele.

619. **Interferenzfarben** treten auf, wenn die an der *Vorderfläche* eines dünnen Blättchens zurückgeworfenen Strahlen des unzerlegten Lichtes mit den an seiner *Hinterfläche* zurückgeworfenen weißen Lichtstrahlen zusammentreffen (interferiren). Auf ähnliche Weise verhält es sich mit dem durchgelassenen Lichte.

Newton'sches Farbenglas. — Schillerfarben. — Die prächtigen Farbenerscheinungen der Seifenblasen, sehr dünner Terpentinschichten u. dgl. m.

620. **Beugungsfarben** entstehen, wenn weißes Licht an den *Rändern sehr* enger Spalten und Oeffnungen, ferner *äußerst schmaler* undurchdringlicher Körper (der Haare, Drähte etc.) vorübergeht.

Das prächtige Farbenspiel der Spinnweben im Sonnenlichte, die irisirende Perlmutter, die Buntheit der Vogel- und Schmetterlingsfedern, der Käfer etc.

621. **Phosphorescenz.** Viele Stoffe werden durch eine kurzdauernde Bestrahlung von einer kräftigen Lichtquelle schwach selbstleuchtend oder „phosphorescirend". Die Phosphorenscenz tritt je nach den verschiedenen Stoffen mit anderer Farbe auf.

1. Erhitzt man den Chlorophan unter Oel, so bewahrt er sein Leuchtvermögen einige Zeit.

2. Die Leuchtsteine oder Lichtsauger sind, der Hauptsache nach, Schwefelcalcium, Schwefelbaryum und Schwefelstrontium, welche auf trockenem Wege, unter hoher Temperatur, bereitet worden sind. — Bologneser Leuchtstein 1602.

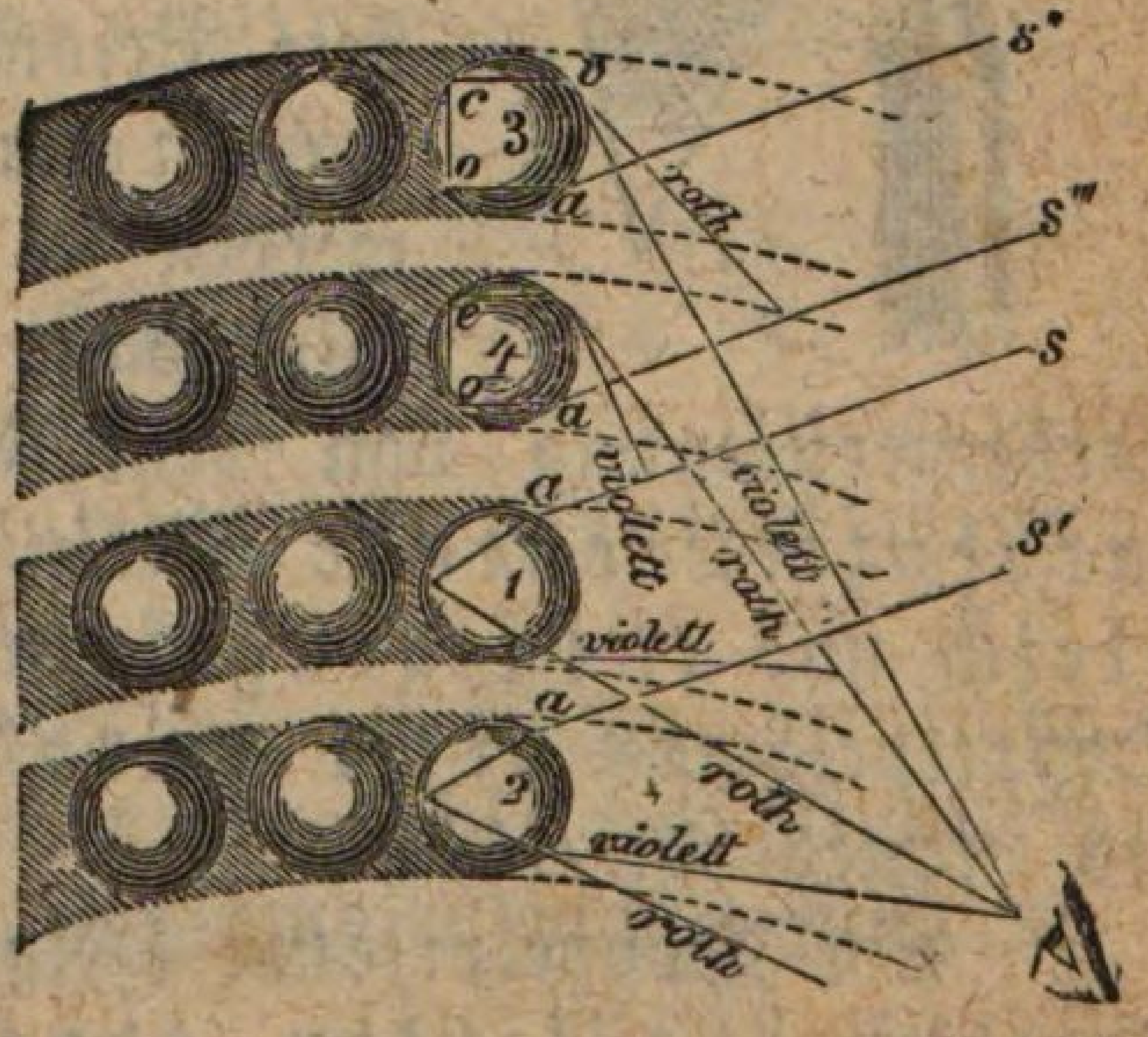
3. Von der Phosphorescenz der Lichtsauger verschieden ist jene, welche von der langsamen Verbrennung des Phosphors oder von chemischen Processen bei der Fäulniß einiger Hölzer, einiger Fischarten u. dgl. m. herrührt. Auch der Lebensproceß einiger niederer Thiere erzeugt ein von der Phosphorescenz verschiedenes Selbstleuchten. Leuchtkäfer. — Leuchten des Meeres.

622. **Fluorescenz.** Die blauen und violetten Strahlen des Spectrums erregen in der wasserklaren Auflösung des schwefelsauren Chinins ein blaues Licht. In ähnlicher Weise werden noch andere Stoffe durch die Spectralstrahlen gleichsam selbstleuchtend und zwar, je nach Umständen, mit anderer Farbe. Eine derartige Veränderung der Farbe durch die Spectralstrahlen der Lichtes heißt Fluorescenz. — Vergleiche Elektricität Seite 155.

Vermöge der Fluorescenz erscheint die im durchfallenden Lichte wasserhelle Chininlösung im reflectirten Lichte hellblau; ebenso verhält es sich mit dem wässerigen oder weingeistigen Auszuge der Roßkastanienrinde. Die Fluorescenz bewirkt, daß der grüne Flußspath im zurückgeworfenen Lichte blau aussieht; aus derselben Ursache erblickt man das gelblich-grüne Uranglas im reflectirten Lichte lebhaft grün. — Stokes 1852.

623. **Der Regenbogen** zeigt sich mit denselben Farben wie das prismatische Farbenbild. Er ist an der inneren, hohlen Seite violett, an der äußeren, erhabenen roth. Die Wassertropfen zerlegen das Licht in seine farbigen Bestandtheile. Da jedoch ein Regenbogen nur dann entsteht, wenn man die Regentropfen vor dem Auge, die Sonne aber hinter sich hat; so folgt daraus, daß die Strahlen des Sonnenlichtes vor ihrer Zerlegung in dem Regentropfen, wie von einem Spiegel, regelmäßig zurückgeworfen werden. Die Sonnenstrahlen treten (Fig. 484) in den Regentropfen (1 und 2) ein und werden gebrochen. Sie gelangen dann an die Hinterwand der Tropfen und werden von da nach der Vorderseite geworfen. Hier treten sie aus dem Wassertropfen, werden gebrochen und in die farbigen Bestandtheile zerlegt.

Fig. 484.



Von diesen Farben eines und desselben Tropfens gelangt nur je eine Farbe in das Auge, weil die anderen Farben am Auge vorbei streifen. Alle in einem Kreise liegenden Tropfen haben eine gleiche Lage gegen das Auge. Von solchen Tropfen kommt daher die gleiche Farbe in das Auge. Die Tropfen eines tiefer gelegenen Kreises senden wieder eine andere Farbe in das Sehorgan u. s. w. Das Auge gewahrt daher verschieden gefärbte Gürtel concentrischer Kreise, von welchen es jedoch wegen seines tiefen Standes — nur Bogen gewahrt.

1. An Thautropfen, an mit Wasser gefüllten Glaskugeln gewahrt das Auge ebenfalls nur eine Farbe, welche jedoch wechselt, wenn man den Kopf, den Tropfen, oder die im Rücken befindliche Lichtquelle senkt oder hebt; wie kommt dies?

2. Man sieht im flachen Lande den Regenbogen nie um Mittag. Die Sonne steht dann so hoch, daß die aus den Regentropfen tretenden, farbigen Strahlen gar nicht das Auge treffen können. Je tiefer die Sonne kommt, einen desto größeren Bogen des prismatisch gefärbten Kreises kann man wahrnehmen.

3. Beim Staubregen der Wasserfälle, Springbrunnen u. dgl. m. bemerkt man oft auch einen Regenbogen. Regenbogenstücke heißen Regengallen.

4. Zum Schluße: Aufforderung, in Zukunft den Regenbogen möglichst genau zu beobachten und zu beschreiben.

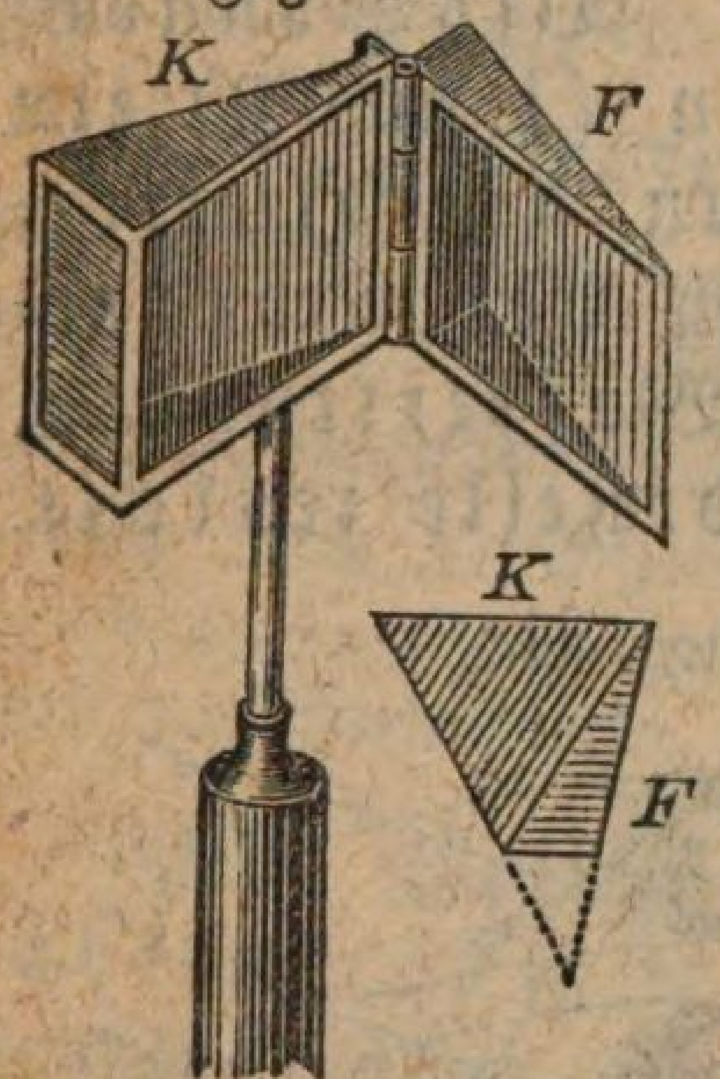
624. **Der Nebenregenbogen.** Zuweilen erblickt man noch einen Nebenregenbogen, von größerem Halbmesser als jener des vorigen. Seine Farben folgen in umgekehrter Ordnung und sind schwächer, weil das Licht eine zweite Zurückwerfung (Fig. 484 bei 3 und 4) an der Hinterwand der Wassertropfen erleidet.

625. **Die Spektral-Analyse.** Läßt man in einer sehr heißen Flamme ein Metall oder seine Verbindungen verflüchtigen und zerlegt man das Licht dieser Flamme mit Hilfe eines gläsernen Prismas (S. 226); so erscheinen in dem zugehörigen Spectrum gefärbte, gerade Linien auf dunklem Grunde, welche eine zur einlassenden Lichtspalte parallele und für ein jedes Metall stets bestimmte Lage haben, derart, daß diese farbigen Linien ein Erkennungsmittel für das Metall bilden. Man kann also aus der Beschaffenheit des Spectrums auf die Bestandtheile der verflüchtigten Materie schließen, welches Verfahren die Spectral-Analyse heißt.

Die Spektral-Analyse wurde 1860 von Kirchhoff und Bunsen erfunden.

626. **Achromatische Prismen.** Ein Prisma aus bleioxydhältigem Glas, d. i. ein Flintglasprisma, welches einen brechenden Winkel von derselben Größe wie ein Kronglasprisma besitzt, gibt ein längeres und mehr gefärbtes Spectrum.

Fig. 485.



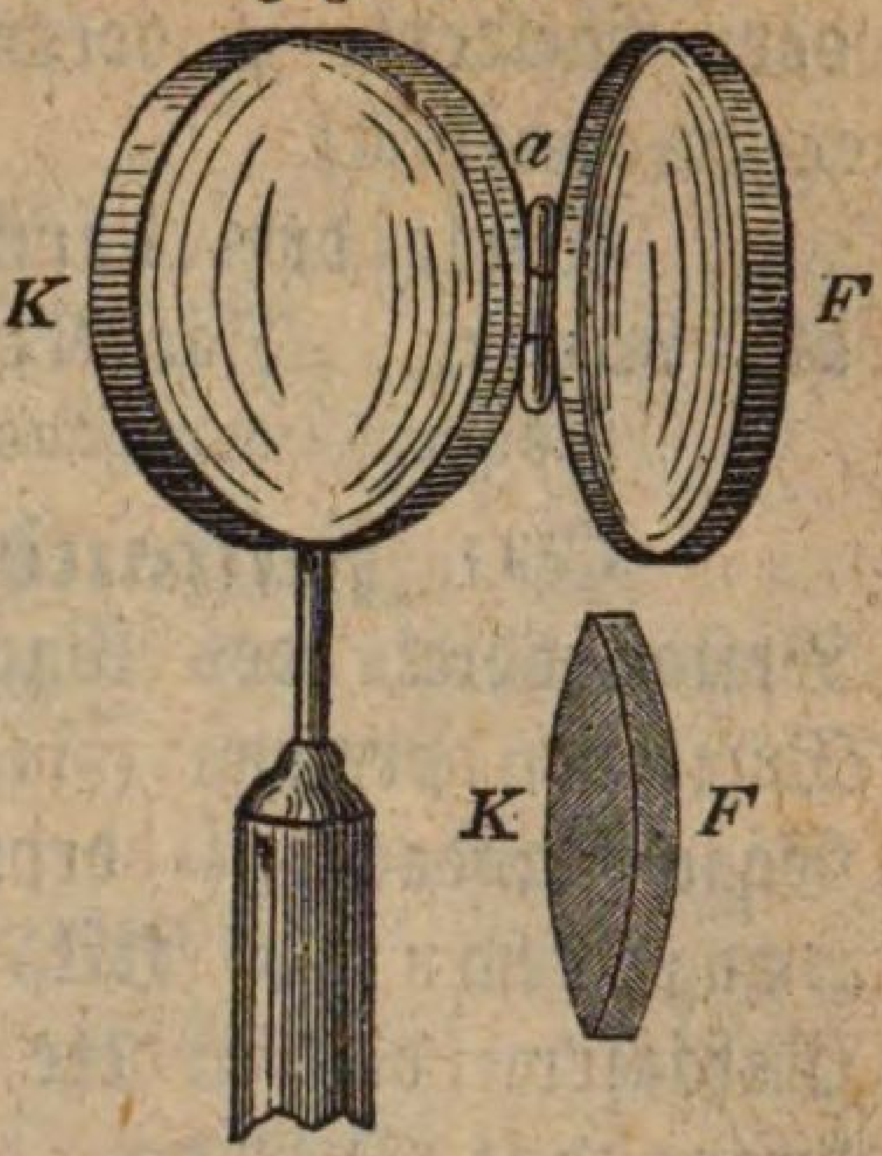
Soll das Flintglasprisma ein gleich langes Farbenbild, wie ein Prisma aus dem bleioxydfreien Kronglas bewirken; so muß sein brechender Winkel kleiner als der des Kronglasprismas werden.

Legt man (Fig. 485) zwei solche, vorher berechnete Prismen derart aneinander, daß ihre brechenden Kanten eine entgegengesetzte Lage bekommen, so werden sie ein farbloses Bild hervorbringen. Es wird dann die von dem Kronglasprisma K erzeugte Farbenzerstreuung von dem Flintglasprisma F aufgehoben, indem die farbenzerstreuende Wirkung des letzteren Prismas jener des ersteren gleich und entgegengesetzt ist. Dabei sind die äußeren Wände des Doppelprismas nicht parallel und bewirken somit eine Ablenkung des Lichtes (§. 611).

Ein Doppelprisma (Fig. 485), welches die Eigenschaft besitzt, die Strahlen abzulenken, ohne zugleich die Farben zu zerstreuen, heißt ein achromatisches Prisma.

627. **Achromatische Linsen.** Durch gekrümmte Prismen d. i. Linsen, erleidet das Licht eine starke Ablenkung. Die mittels derselben hervorgebrachten Bilder erscheinen daher an den Rändern gefärbt, wodurch sie an Schärfe verlieren.

Fig. 486.



Verbindet man (Fig. 486) eine erhabene Kronglaslinse K mit einer hohlen Flintglaslinse F, so wirken sie in Beziehung auf die Farbenzerstreuung einander entgegen. Die Strahlen werden dann, durch zweckmäßig berechnete Linsen, wie durch eine einzige Sammellinse von größerer Brennweite, abgelenkt, ohne eine merkliche Farbenzerstreuung zu bewirken. Solche Linsen nennt man achromatische. — Dollond 1755.

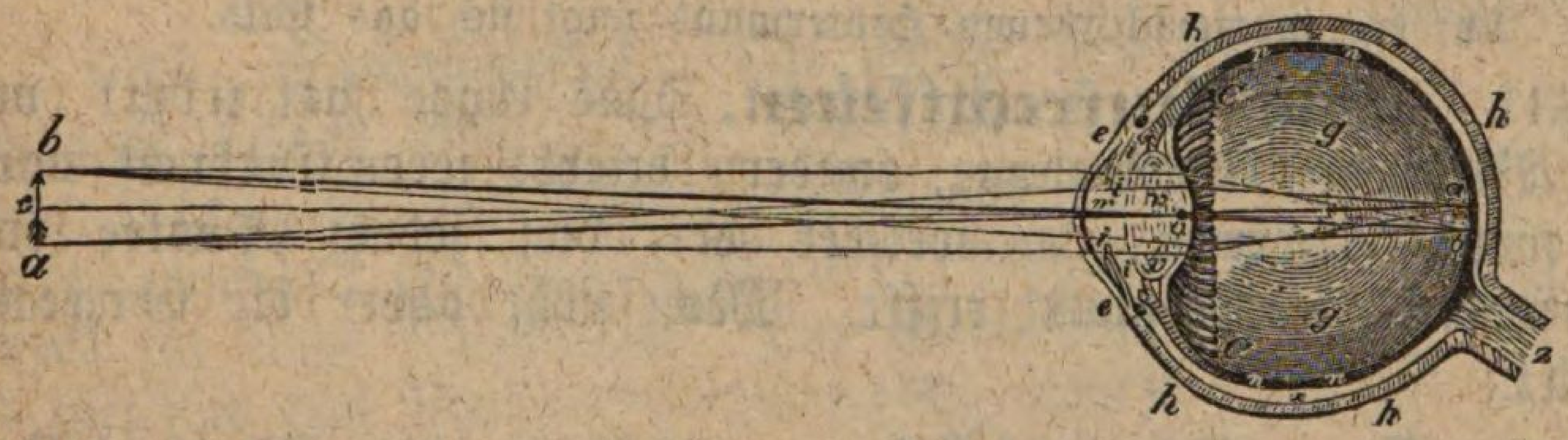
628. **Aplanatisch** heißen jene achromatischen Linsen, bei welchen auch die sphärische Abweichung (§. 608) aufgehoben ist. Dieselben erzeugen Bilder von großer Deutlichkeit.

Derartige Linsen können sogar von einerlei Form und einerlei Glas sein.

E. Das Auge und das Sehen.

629. **Hauptbestandtheile des Auges.** Das wesentlichste Stück des Auges ist der Augapfel (Fig. 487). Die vorzüglichsten Theile desselben sind:

Fig. 487.



1. Die undurchsichtige, weiße harte Haut hh, welche in die stärker gekrümmte, durchsichtige Hornhaut ee übergeht.

2. Die Regenbogenhaut, Iris ii, deren vordere Seite von verschiedener Farbe erscheint, deren hintere Seite aber schwarz ist. Diese Haut enthält in der Mitte das schwarz erscheinende Lichtloch oder die Pupille und wirkt als Blendring (§. 609) von veränderlicher Weite.

3. Die Netzhaut nn, welche eine stäbchen- und zapfenartige Ausbreitung des vom Gehirne kommenden Sehnerven z ist.

4. Drei durchsichtige Stoffe, nämlich:

a) Die wässerige Feuchtigkeit w in der vorderen Augenkammer iwi.

b) Die Krystall-Linse v, welche unmittelbar hinter der Iris liegt und aus zarten, schalenartigen, gegen das Innere immer dichter werdenden Blättern und einem von diesen eingeschlossenen dichteren Kerne besteht.

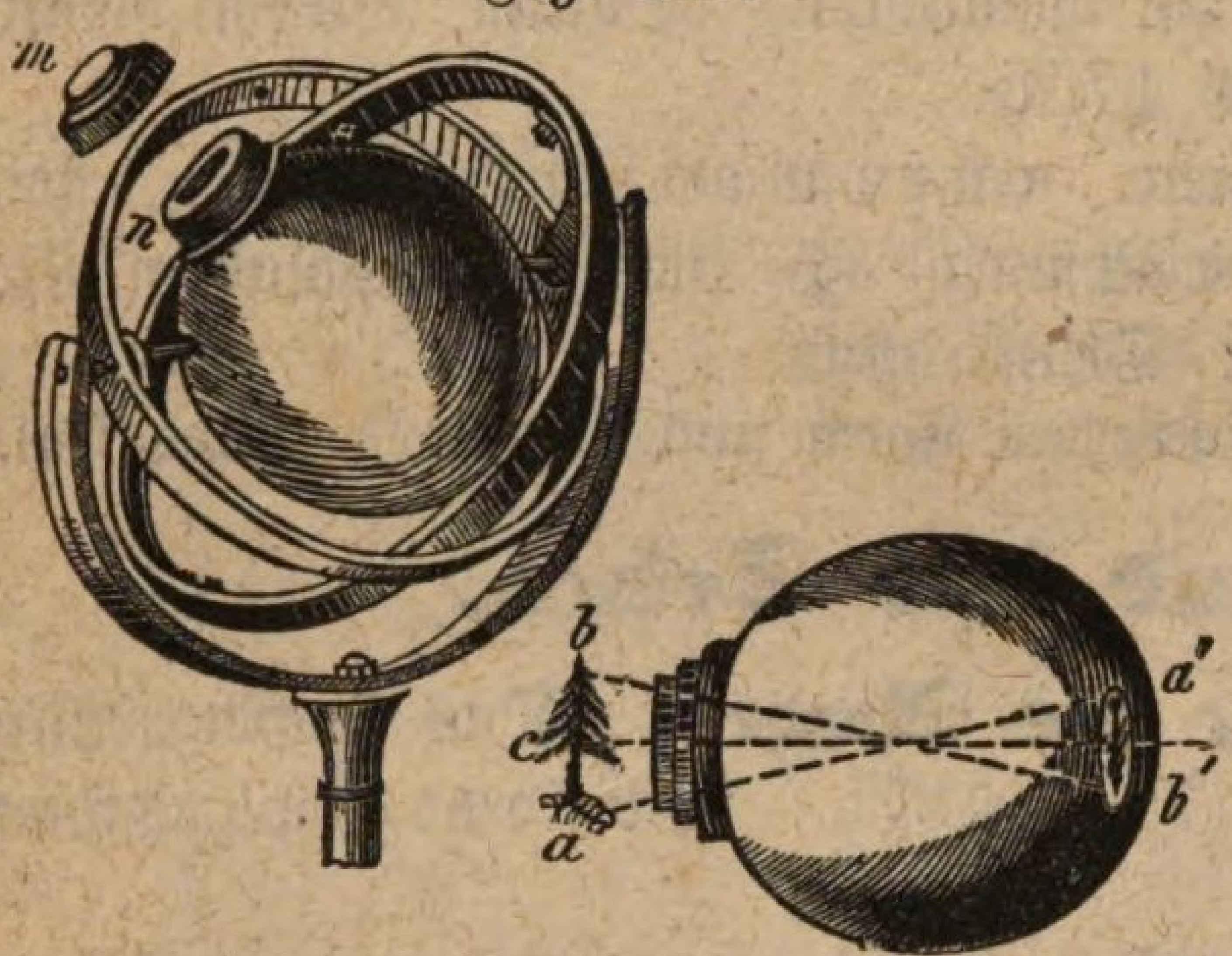
c) Die dem geschmolzenen Glase ähnliche „Glasfeuchtigkeit“ oder Gallerte g, welche den ganzen Hohlraum der hinteren Augenkammer n g n ausfüllt.

Diese drei durchsichtigen Stoffe brechen das Licht etwas stärker als Wasser. Die Krystall-Linse bricht das Licht am stärksten.

Nachweis der genannten Theile an dem frischen Auge eines Säugethieres.

630. **Zustandekommen des Sehens.** Die durchsichtigen Bestandtheile des Auges wirken zusammen wie eine erhabene Linse. Dieselben brechen (Fig. 487 u. Fig. 488) die Strahlen eines leuchtenden Gegenstandes a b derart, daß auf der Netzhaut ein verkleinertes, umgekehrtes Bild b' a' sich erzeugt. Dieses Bildchen erregt die Endfasern des in die Netzhaut auslaufenden Sehnerven z und in Folge dessen das Sehen.

Fig. 488.



1. Ist die Linse trübe oder undurchsichtig geworden, so kann sich nur ein undeutliches oder gar kein Netzhautbildchen erzeugen; daher der graue Staar. — Staarstechen. — Staarbrille.

2. Der schwarze Staar wird als Lähmung der Sehnerven angesehen.

3. Das Bildchen läßt sich an der abgeschabten Hinterwand eines frischen Ochsen- oder eines Kaninchenauges nachweisen.

4. Fig. 488 zeigt ein künstliches Auge. Es hängt in drei auf einander senkrechten Axen, um die freie Beweglichkeit des Augapfels nachzuahmen. Die Iris ist durch ein Hornplättchen, die Flüssigkeiten und die Linse sind durch Glaskörper versinnlicht. Auf der mattgeschliffenen Hinterwand zeigt sich das Bild.

631. **Das Aufrechtsehen.** Das Auge hat nicht vom verkehrten Bilde die Empfindung, sondern bezieht jeden Eindruck nach außen längs jener Richtung, in welcher der von jedem Punkte kommende Hauptstrahl die Netzhaut trifft. Man sieht daher die Gegenstände aufrecht.

632. **Das Einfachsehen.** Weil in der Regel beide Augen dieselbe Richtung haben, so fällt jedes Bild auf übereinstimmende Stellen der Netzhaut. Man bezieht nun beide Eindrücke auf einen und denselben Ort, und sieht den Gegenstand einfach.

Drückt man das eine Auge etwas seitwärts, so erhält es dadurch eine andere Richtung als das zweite. Die Bilder fallen dann auf verschiedene Stellen der Netzhaut, und man sieht die Gegenstände doppelt.

633. **Das deutliche Sehen.** Dazu ist nothwendig, daß das Bildchen auf der Netzhaut scharf, gehörig hell, gehörig groß zu Stande komme und einige Zeit auf der Netzhaut bleibe.

634. **Accommodation des Auges.** Das Bild des hellen Gegenstandes muß genau auf die Netzhaut fallen, wenn es scharf sein soll. Da das Auge wie eine erhabene Linse wirkt, so wäre dies eigentlich nur für eine bestimmte Entfernung des Gegenstandes vom Auge zu erwarten. Die Erfahrung zeigt aber, daß das Auge sich einrichte oder accommodire, das heißt, es vermag, für verschiedene

Entfernungen des Gegenstandes vom Auge, ein deutliches Bild auf die Netzhaut zu bringen.

635. **Die Sehweite.** Auch das Einrichtungsvermögen des Auges hat seine Schranken. Ein normales Auge nimmt einen Gegenstand nicht mehr deutlich wahr, wenn er demselben näher als 21 bis 26 Centimeter (8 bis 10 Zoll) gebracht wird. Nur jene Gegenstände, welche sich außerhalb dieses Abstandes befinden, gewahrt man deutlich. An dieser Grenze der „Sehweite" sieht man den Gegenstand am deutlichsten.

636. **Kurz- und Weitsehen.** Bei manchen Personen ist jedoch die Sehweite viel geringer, bei andern bedeutend größer als 21 bis 26 Centimeter; erstere heißen kurzsichtig, letztere weitsichtig.

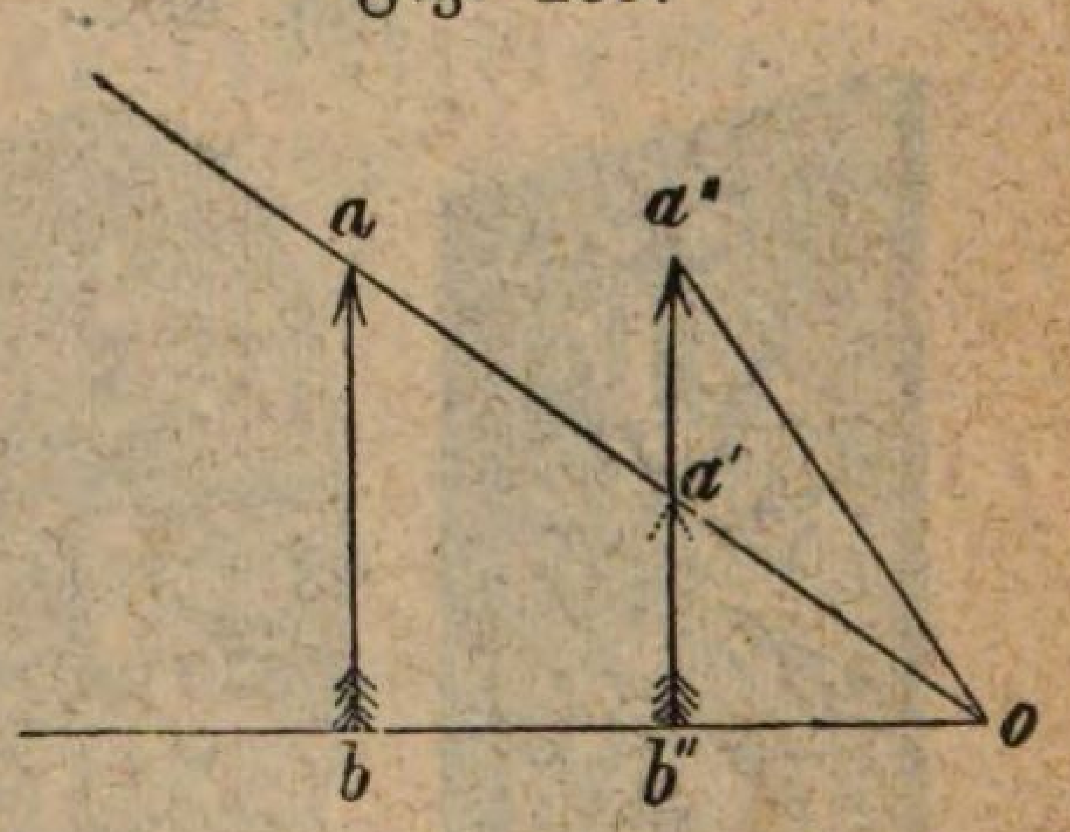
637. **Brillen.** Das kurzsichtige Auge wirkt wie eine zu viel, das weitsichtige wie eine zu wenig erhabene Linse. Man muß jenem vermittels eines hohl geschliffenen, diesem vermittels eines erhaben geschliffenen Glases oder mit einer Brille zu Hilfe kommen.

1. Demonstration des kurz- und weitsichtigen Auges und der zugehörigen Brillen am künstlichen Auge (Fig. 488). Die Nummern der Brillen.
2. Zurückgehen mit der Nummer der Brille bei Kurzsichtigen im höheren Alter und Erklärung dessen. — Brillen um 1370 n. Chr. in Deutschland bekannt.

638. **Wichtigkeit der Pupille.** Zur Regelung der Lichtstärke des Netzhautbildchens dient die Pupille. Dieselbe erweitert sich bei schwacher, und verengt sich bei starker, die Nerven überreizender Beleuchtung.

Katzen- und Eulenaugen.

Fig. 489.



639. **Sehwinkel.** Die Größe des Netzhautbildchens hängt (Fig. 489) von dem Sehwinkel (optischen Winkel, Gesichtswinkel) aob ab, welchen die Randstrahlen des Gegenstandes im Auge einschließen. Der Sehwinkel und mit ihm das Netzhautbild wird (Fig. 489) desto kleiner, je kleiner der Gegenstand oder je weiter derselbe vom Auge entfernt ist. Je lichtstärker der Gegenstand ist, desto kleiner darf der Sehwinkel sein, wenn noch ein Sehen des Gegenstandes zu Stande kommen soll.

Hierher gehört das scheinbare Zusammenlaufen entfernter, paralleler Baumreihen, ferner des Bodens und der Decke langer Säle, Hallen u. dgl. m.; ebenso werden Wälder, Wiesen von einem weit entfernten Auge als dichte Massen wahrgenommen. — Milchstraße, Sternwolken, Sternnebel etc. — Anwendung beim Zeichnen.

640. **Dauer der Lichtempfindung.** Jeder Lichteindruck bedarf einer gewissen Zeit, um eine Lichtempfindung auf der Netzhaut zu entwickeln. Diese Zeit kann um so kürzer sein, je kräftiger der Lichteindruck ist.

1. Eine vom Schuße getriebene Flintenkugel sieht man nicht, wohl aber die viel schnellern und kleinern elektrischen Funken.
2. Die Täuschungen durch das Changiren beruhen auf der Schnelligkeit der geworfenen Körper. Hier ist der Lichteindruck von zu kurzer Dauer.

641. **Thaumatropisches Princip.** Ist eine Lichtempfindung hervorgerufen, so währt sie nur einige Zeit, selbst wenn die Lichtquelle verschwunden ist.

Folgen mehrere Lichteindrücke so schnell auf einander, daß die durch eine Lichtquelle erregte Empfindung noch dauert, wenn eine zweite ihre Wirkung beginnt, so verschmelzen die verschiedenen Lichteindrücke zu einer einzigen Lichtempfindung.

Fig. 490.

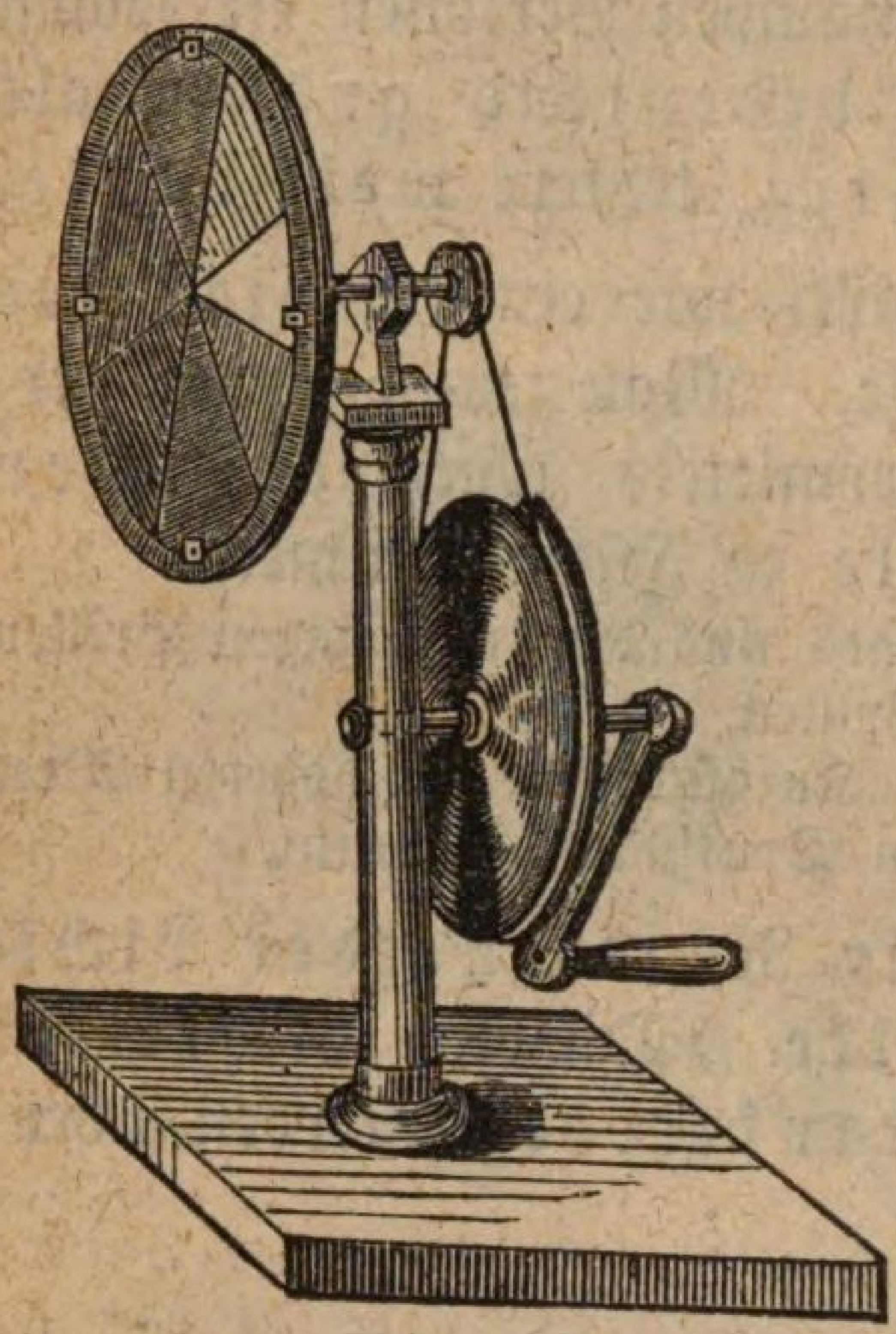


Fig. 491.

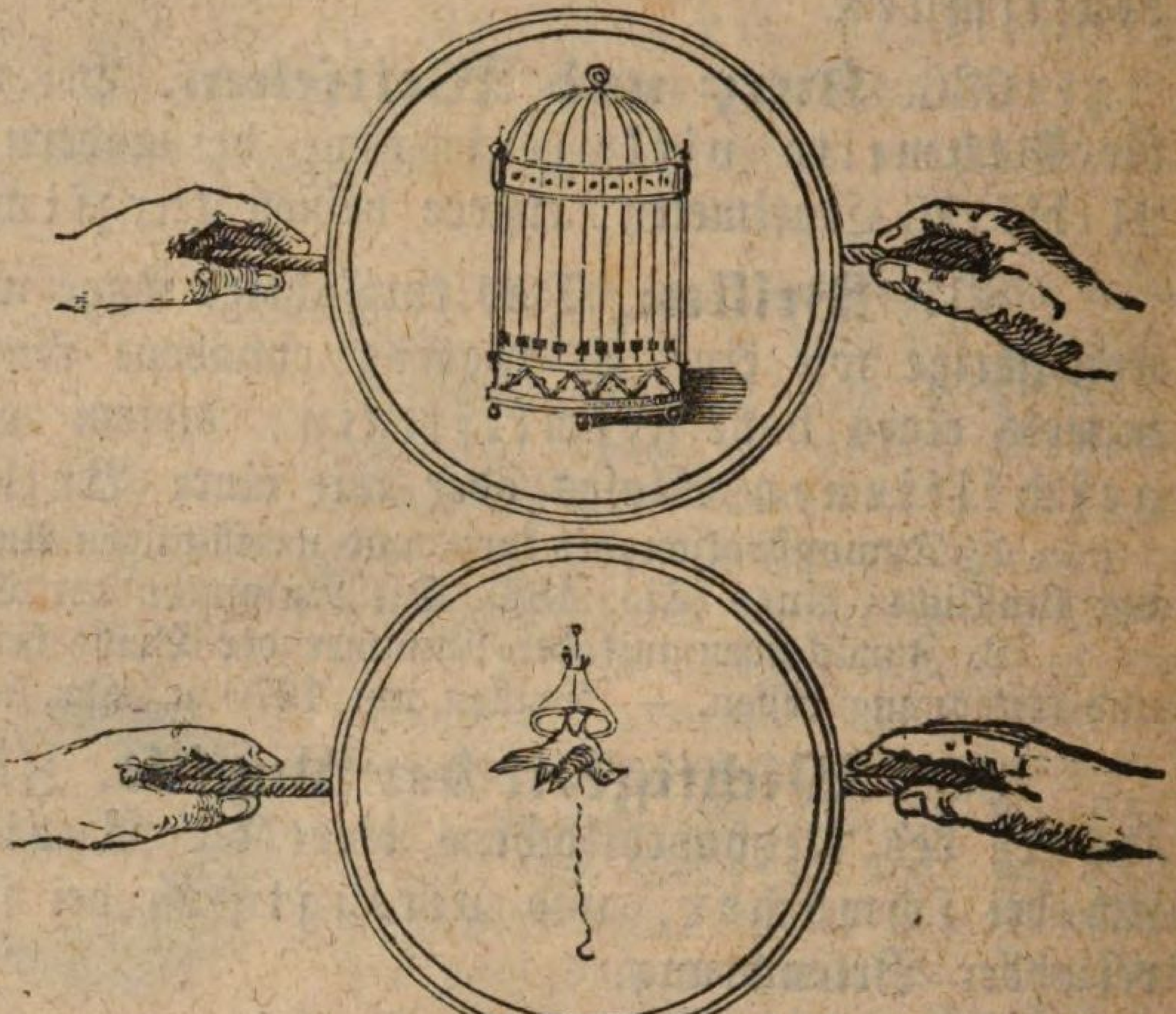
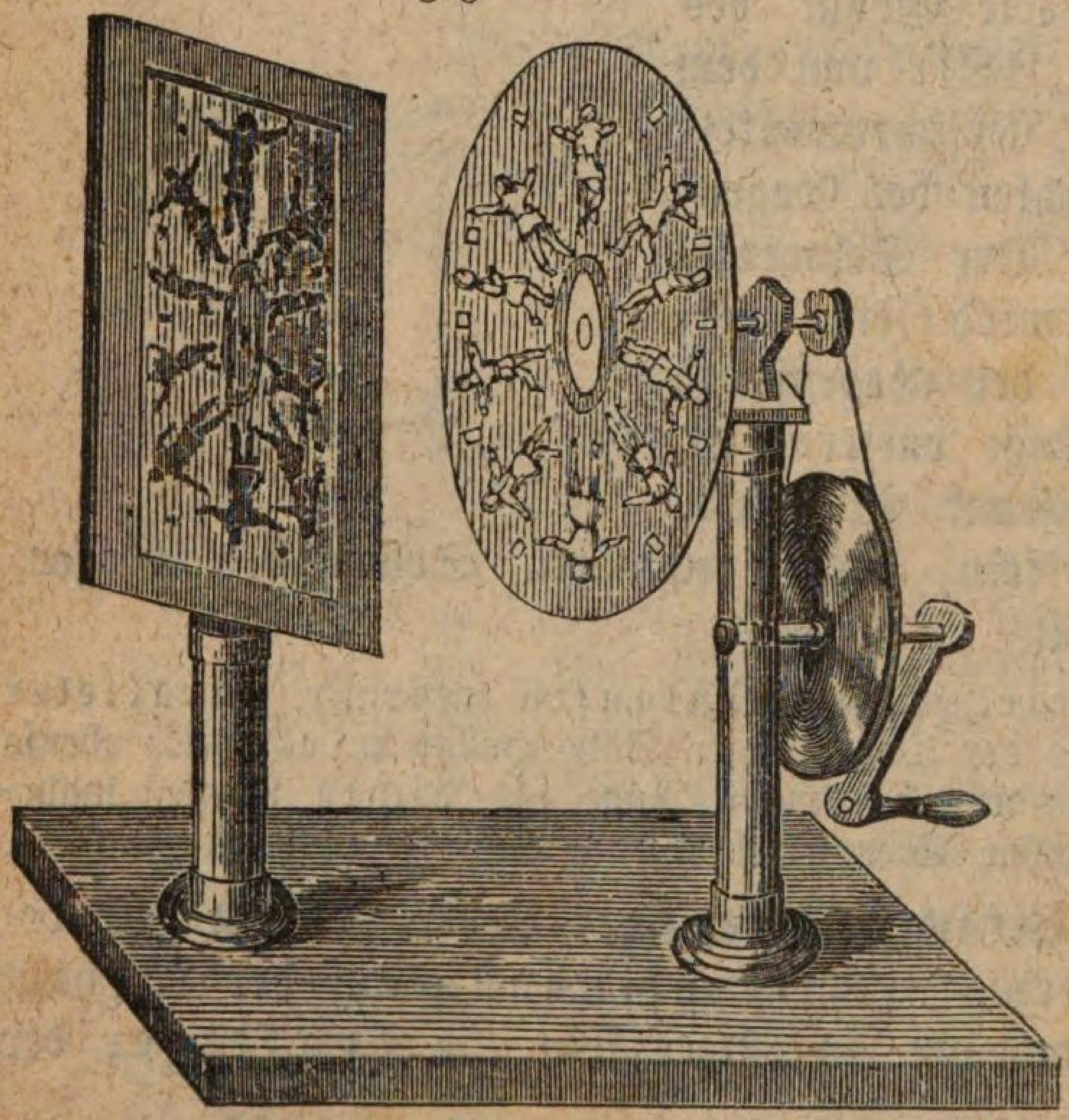


Fig. 492.



1. Versetzt man eine kreisförmige Scheibe (Fig. 490), deren Oberfläche in sechs Kreisausschnitte getheilt ist, welche sich nahezu wie die verschiedenartigen Räume des Spectrums verhalten und auch mit denselben Farben bemalt sind, in sehr schnelle Umdrehung, so erblickt man die Oberfläche nahezu weiß; wie so? Warum sieht man die Scheibe nicht vollkommen weiß? — Die verschiedenartigsten Farbenkreisel. — Geschwungene glühende Kohlen zeigen eine feurige Krumme. — Verschwinden der Speichen rasch rotirender Räder.

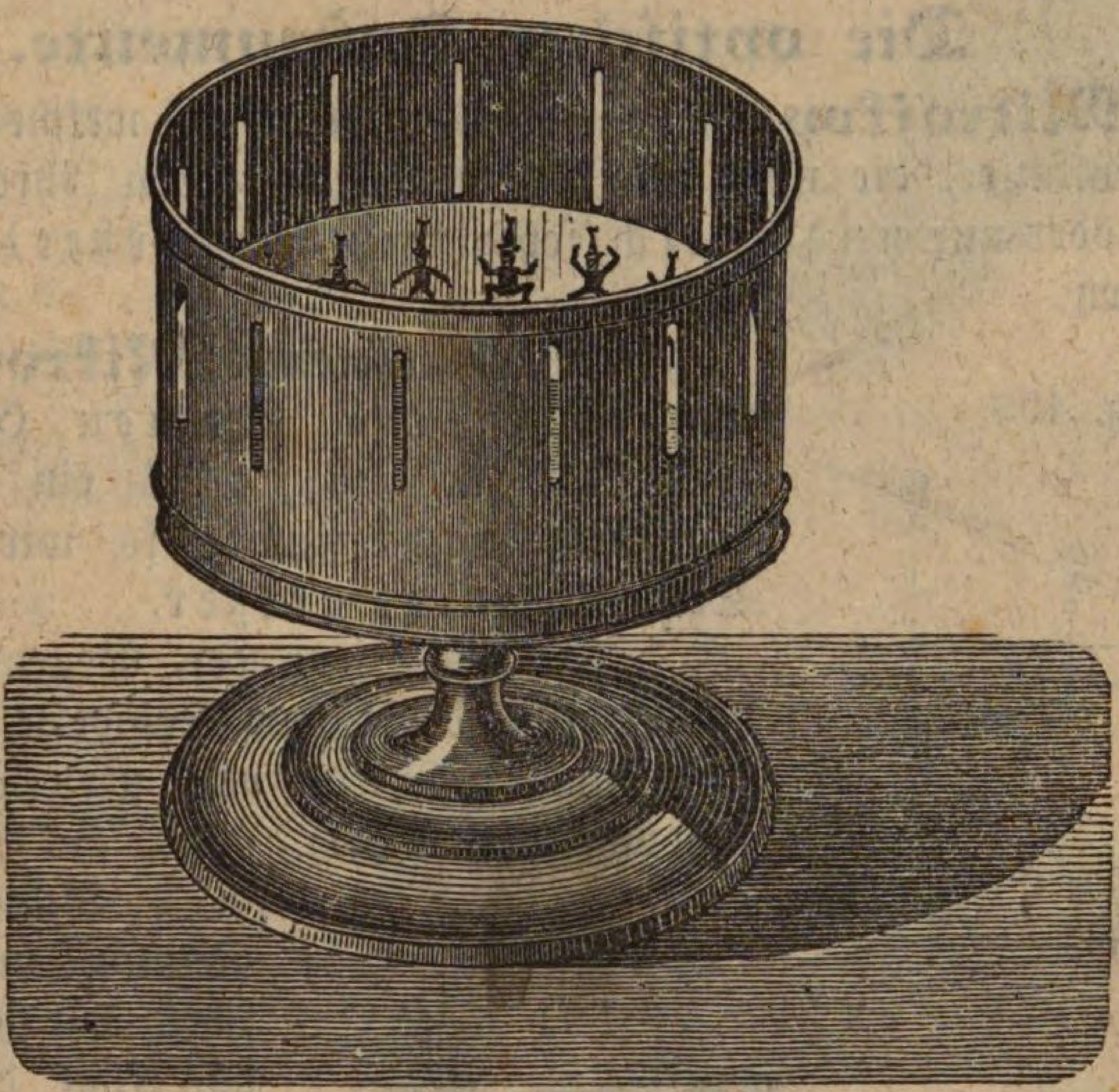
2. Wunderscheiben oder Thaumatrops vom Herrn Paris 1827. Auf der einen Seite der Scheibe (Fig. 491) ist ein Vogel, auf der andern ein Käfig gemalt. Dreht man die Scheibe um die wagrechte Axe, so erblickt man den Vogel im Käfig; wie so? — Ein thaumatropisches Kreuz. — Derartige Zeichnungsaufgaben.

3. Stroboskopische Scheiben von Stampfer 1832. An einer Pappscheibe (Fig. 492) ist ein Mann in einigen Stellungen gezeichnet, welche er beim

Sprung nach und nach annimmt. Zwischen zwei solchen Figuren ist eine Oeffnung angebracht. Wenn die Scheibe rotirt, so glaubt ein durch die Löcher blickendes Auge in einem gegenüber gestellten Planspiegel den Mann springend zu sehen. — In ähnlicher Weise andere bewegte Gestalten.

4. Beim rotirenden Wundercylinder (Fig. 493) können viele

Fig. 493.



zugleich durch die Spalten die Bewegung der eingelegten stroboskopischen Bilder wahrnehmen. — 1866.

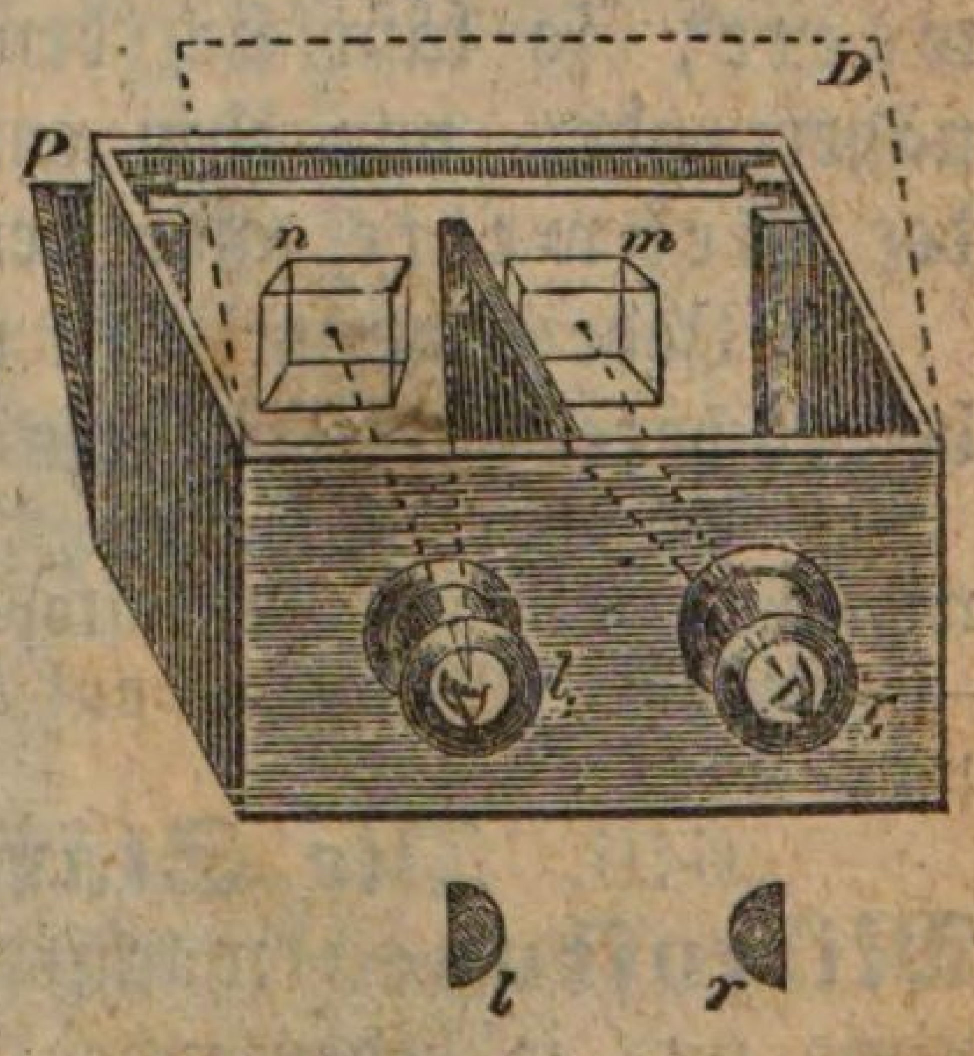
642. **Princip des Stereoskopes.** Von entfernteren Gegenständen erhält jedes Auge, wegen der als parallel anzunehmenden Augenaxen, ein gleiches Bild. Man sieht dann mit einem Auge nicht weniger als mit zweien.

Für nahe Gegenstände hingegen bilden die Augenaxen einen Winkel. In Folge dessen wird die Stellung eines jeden Auges eine andere, daher jedes Auge ein etwas verschiedenes Bild von dem Gegenstande erhält (Fig. 494 bei m und n).

Indem diese Bilder auf gleich gelegene Stellen der Netzhaut fallen, ergänzen sie sich zu dem einen Eindruck der Körperlichkeit.

Bringt man in gleichem Abstand vor jedes Auge die Zeichnung eines Gegenstandes, die dem Bilde gleicht, welches es von dem Gegenstande erhalten haben würde, und bewirkt man mittels Spiegel oder Prismen ein Zusammenfallen derselben, so wird man am Durchschnittspunkte beider Sehaxen den entsprechenden Körper zu erblicken glauben. Hierauf beruhen die Stereoskope.

Fig. 494.



Spiegel-Stereoskop von Wheatstone, 1832.

643. **Stereoskop nach Brewster** (1849). Bei diesem (Fig. 494) werden die

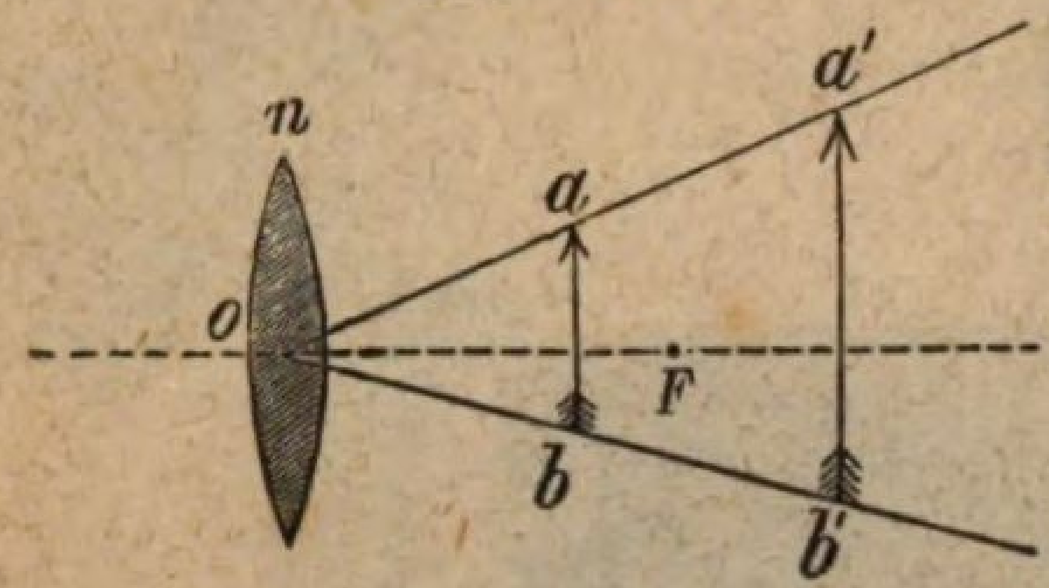
Bilder der eingeschobenen Zeichnungen von halben Linsen l und r, welche wie Prismen wirken, so verschoben, daß sie in der Mitte z zusammenfallen und den Eindruck der Körperlichkeit hervorbringen.

Die Linsenhälften sind kreisförmig (l_1 und r_1 Fig. 494) zugeschliffen und kehren einander die schärfere Kante zu. Durch diese Linsen sieht man zugleich die Bilder näher und vergrößert.

F. Die optischen Instrumente.

644. **Mikroskop** heißt jedes Instrument, welches es möglich macht, Gegenstände, die man mit freiem Augen wegen ihrer Kleinheit gar nicht oder nur undeutlich sehen kann, vergrößert und deutlich wahrzunehmen.

Fig. 495.



645. **Einfaches Mikroskop.** Bringt man einen sehr kleinen Gegenstand ab (Fig. 495 u. 496), z. B. ein kleines Insekt, dem Auge recht nahe, so wird dadurch der Sehwinkel viel größer.

Da aber jetzt der Gegenstand innerhalb der deutlichen Sehweite sich befindet, so vermag man ihn nur undeutlich wahrzunehmen (§. 635).

Fig. 496.

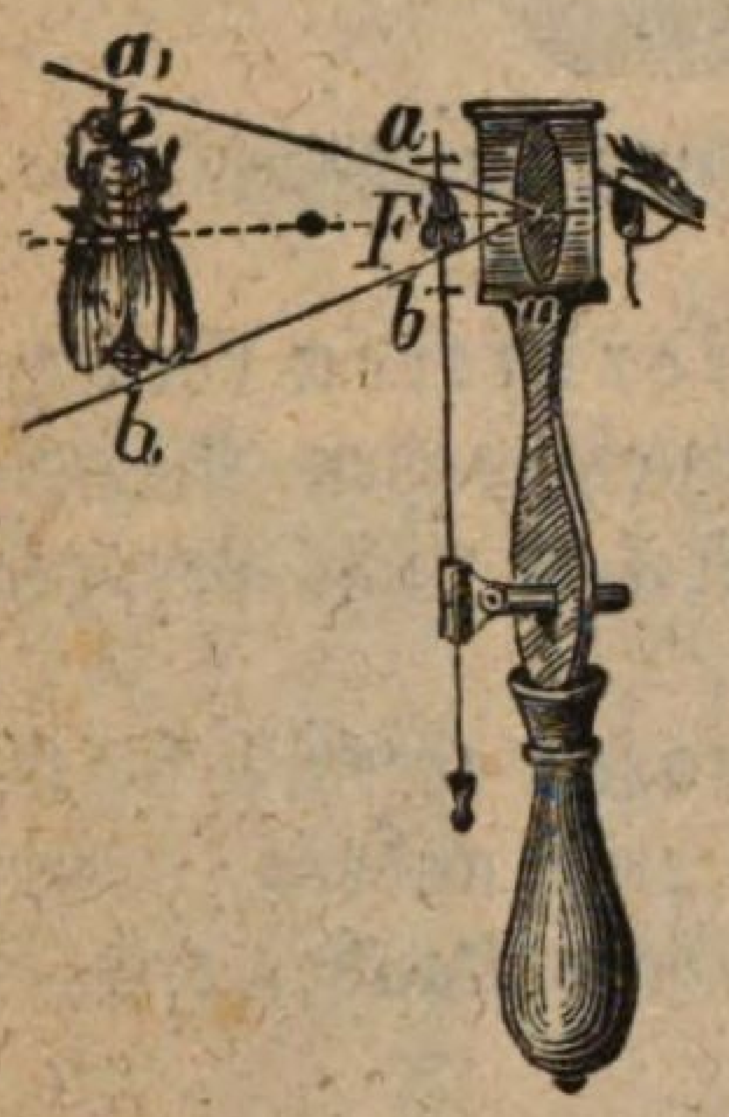
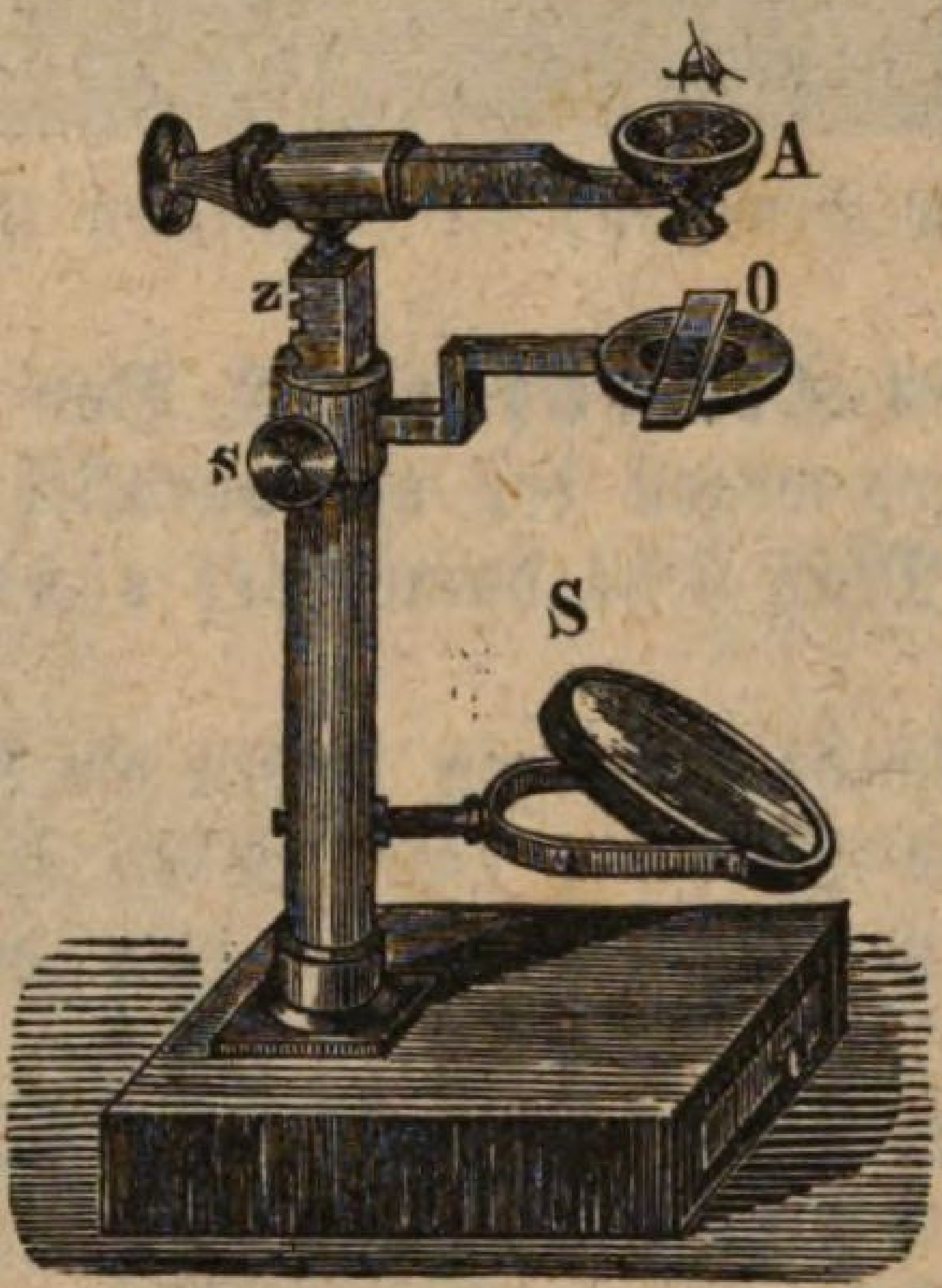


Fig. 497.



Schiebt man eine Sammellinse derart zwischen den Gegenstand und das Auge, daß der Gegenstand innerhalb der Brennweite der Linse sich befindet; so erblickt das durch die Linse sehende Auge auf der nämlichen Seite des Glases, auf welcher der Gegenstand seinen Platz hat, ein vergrößertes und aufrechtes Bild a′b′ des Gegenstandes ab.

Ist jene Sammellinse von kurzer Brennweite, so läßt sich bewirken, indem man die Linse dem Gegenstande nähert oder von ihm entfernt, daß das Bild a′ b′ des Gegenstandes in der Sehweite, also dem Auge deutlich erscheint.

Jede Sammellinse von kurzer Brennweite, welche wie die an Fig. 495 besprochene wirkt, ist ein einfaches Mikroskop.

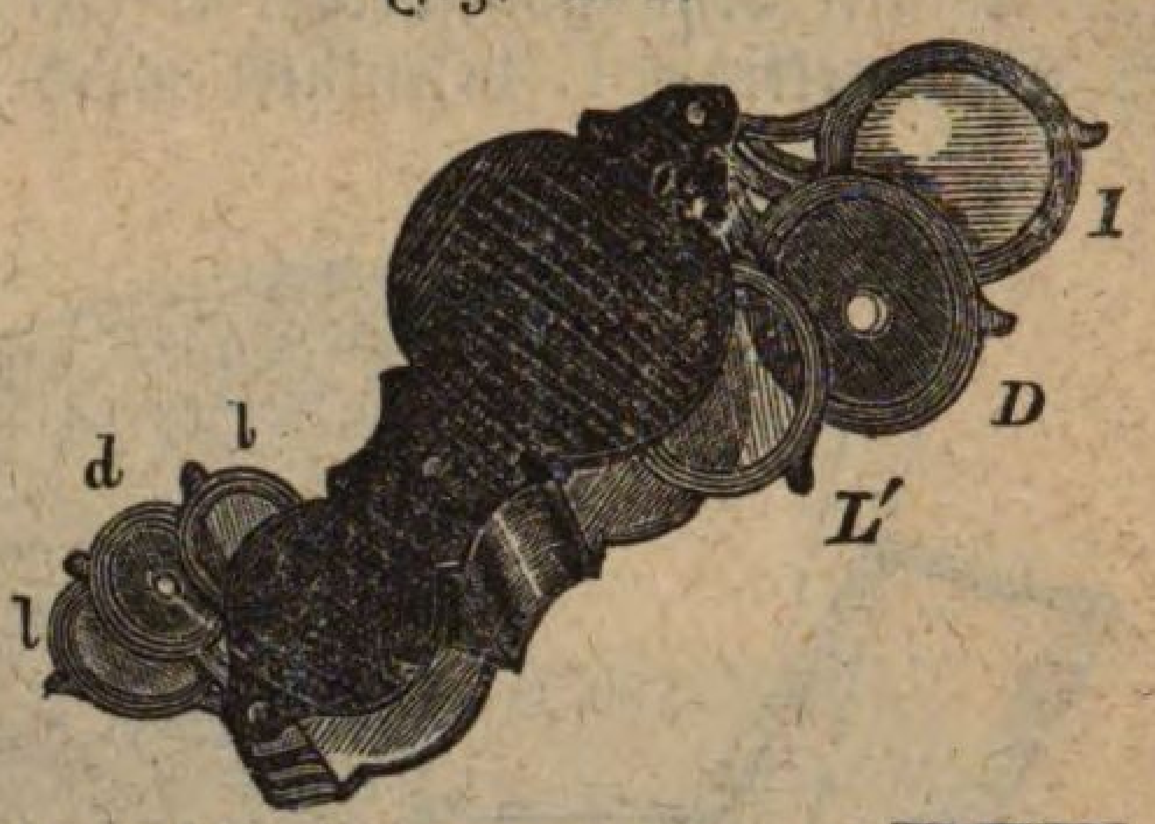
Einfache Mikroskope, bei denen mehrere Sammellinsen so wie eine einzige wirken. — Einfache Mikroskope aus Edelsteinen: Saphiren, Granaten und Diamanten. — Einfache Mikroskope auf Stativ mit Beleuchtungsspiegel (Fig. 497, nach Raspail 1831).

646. **Die Stärke der Vergrößerung eines einfachen Mikroskopes** wächst um so mehr, je kleiner die Brennweite der Linse und je bedeutender die Sehweite des Beobachters ist.

Dividirt man die Zahl für die Sehweite durch jene für die Brennweite, ſo erhält man die **lineare Vergrößerung**. Dieſe Zahl, mit ſich ſelbſt multiplicirt, gibt die **Flächenvergrößerung**.

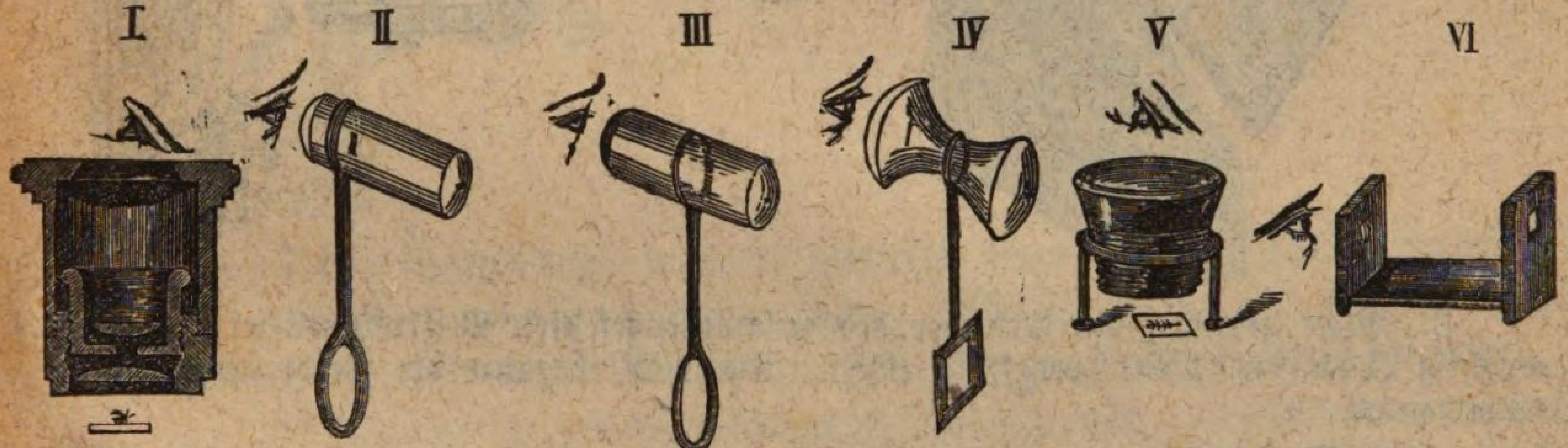
647. **Loupe** heißt ein einfaches Mikroſkop, deſſen Brennweite über einen **halben** Zoll beträgt.

Fig. 498.



Die Loupen ſind ſehr verſchieden eingerichtet. In Fig. 499 ſieht man bei I eine achromatiſche Loupe mit 2 planconvexen Linſen, bei II und III Cylinder-Loupen und bei IV eine ähnliche, ausgeſchweifte ganz aus Glas, bei V eine Loupe für Uhrmacher und bei VI eine **zum Zählen der Leinwandfäden** auf einer Flächeneinheit, mithin zum Beſtimmen der Dichte des Gewebes. In Fig. 498 erblickt man die bei Botanikern heimiſche Taſchenloupe mit Linſen von größeren und kleineren Brennweiten. Dieſe und auch andere wirken beſſer, wenn ſie **Blendſcheiben** D und d (Fig. 498) haben.

Fig. 499.



648. **Zuſammengeſetztes Mikroſkop.** Eine Sammellinſe m (Fig. 500 u. 501) von **kurzer** Brennweite erzeugt von einem ſehr kleinen Gegenſtande ab, der **vor** ihrem Brennpunkte, aber dieſem ſehr **nahe** liegt, jenſeits der Linſe ein **umgekehrtes** und **vergrößertes** Bild b'a' (§. 606, e). Dieſes mit einer **Loupe** n angeſehen, erſcheint dem Auge in der Sehweite bei b"a" **noch größer** und in Beziehung auf den Gegenſtand **umgekehrt**.

Die Linſe m heißt **Objektiv**, jene bei n **Okular**.

649. **Die Vergrößerung ei-**

Fig. 500.

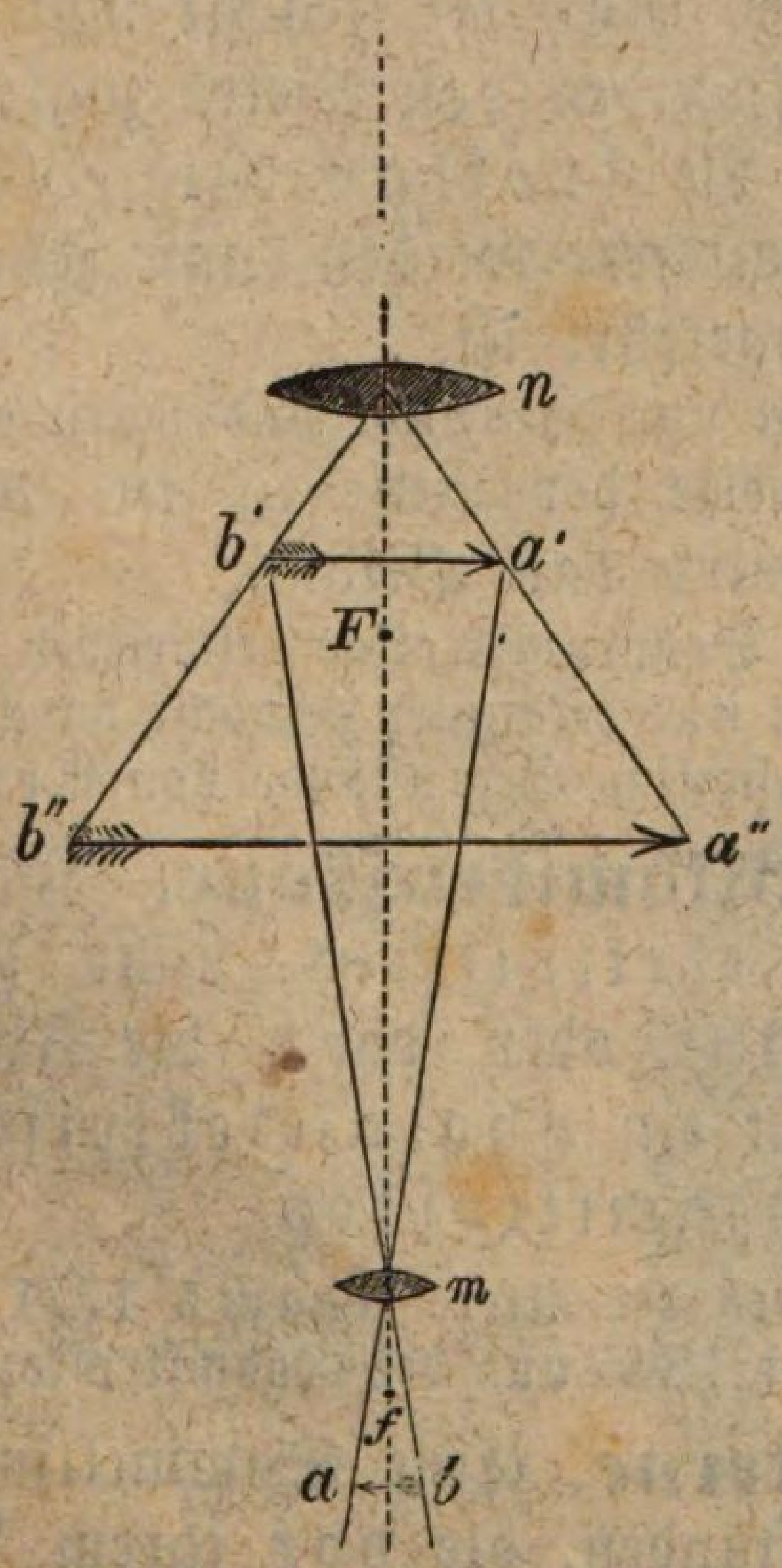
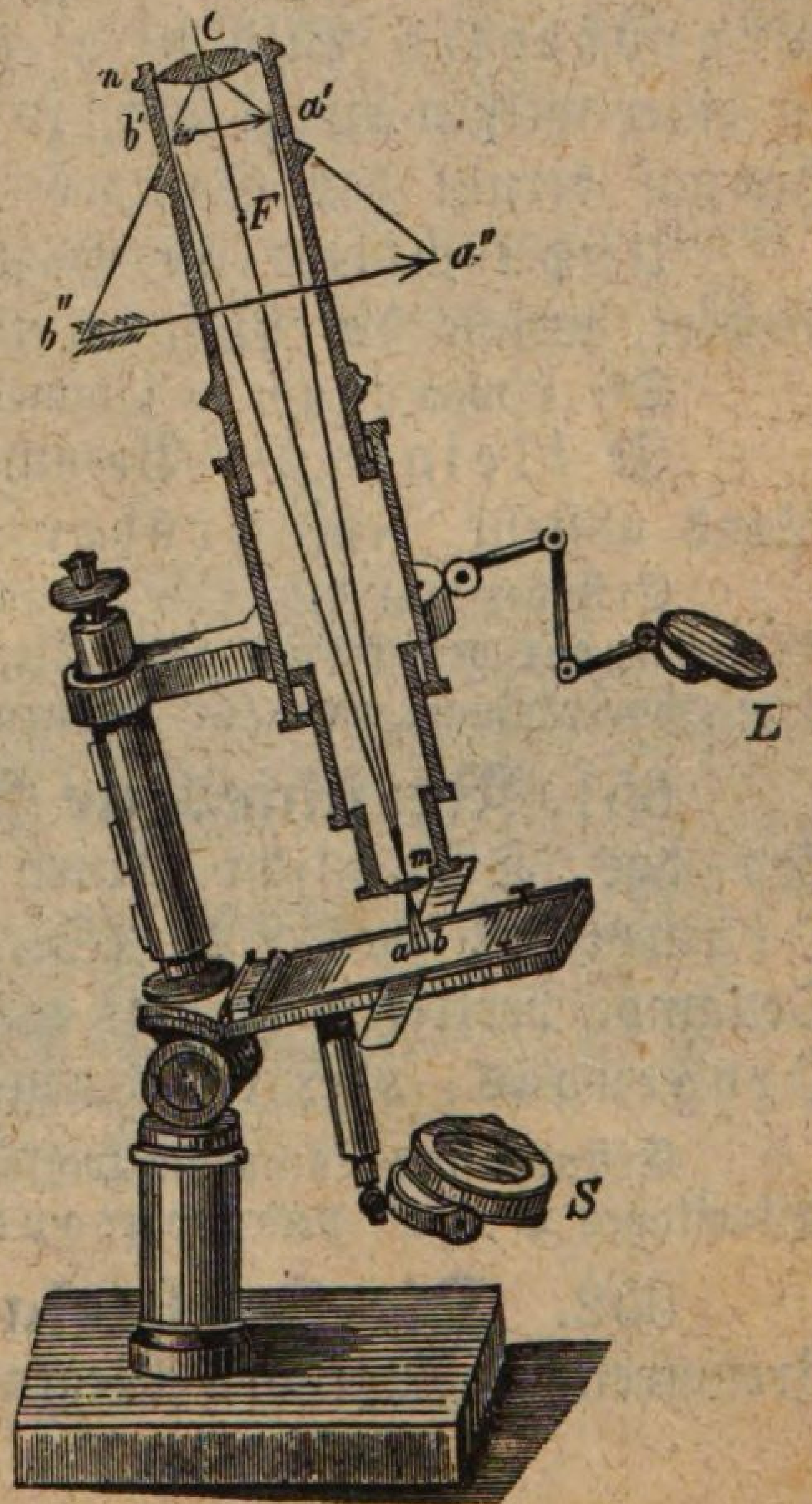


Fig. 501.

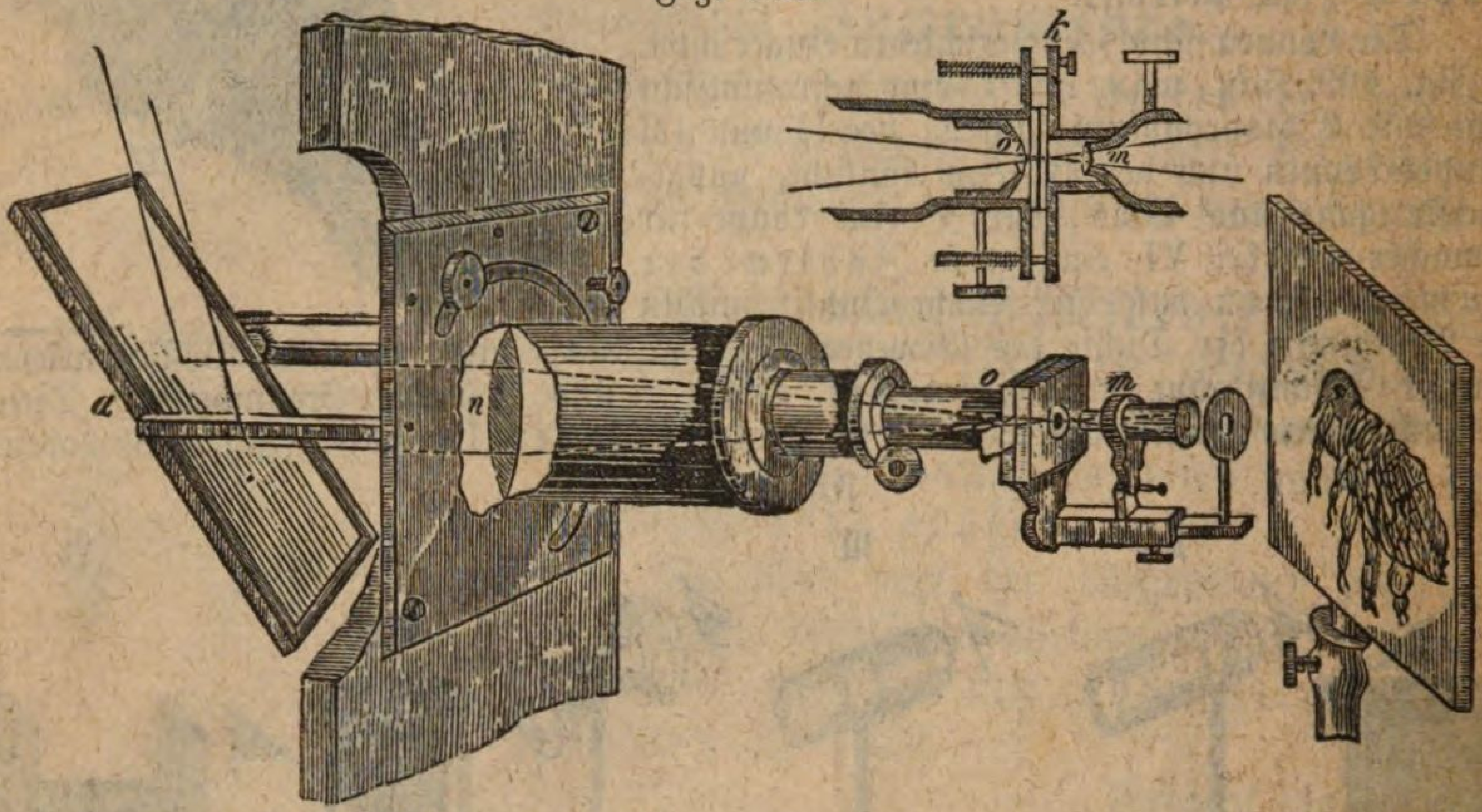


nes zusammengesetzten Mikroskops ist desto stärker, je kleiner die Brennweiten beider Linsen m und n sind.

1. Einrichtung der zusammengesetzten achromatischen Mikroskope (Fig. 501).

2. Damit die Bilder hell seien, müssen die durchsichtigen Gegenstände von unten mit dem Hohlspiegel S (Fig. 502), die undurchsichtigen von oben mit der Sammellinse L beleuchtet werden.

Fig. 502.



3. Man glaubt, der Erfinder des zusammengesetzten Mikroskopes sei Janson (unrichtig Jansen) 1590 (vergl. §. 658). Um 1650 begann die Verbreitung dieses Instrumentes.

650. **Das Sonnenmikroskop** (Bildmikroskop, objektives Mikroskop). Eine Sammellinse m (Fig. 500) von kurzer Brennweite erzeugt von einem sehr kleinen Gegenstande, der vor ihrem Brennpunkte aber diesem nahe liegt, jenseits der Linse ein umgekehrtes und vergrößertes Bild b' a' (§. 606, e). Fängt man dieses Bild b' a' an einer weißen Wand auf, so kann es von Vielen zugleich gesehen werden. Hierauf beruht das Sonnen-Mikroskop (Fig. 502).

Undurchsichtige Gegenstände werden auf jener Seite stark beleuchtet, welche der Linse m zugekehrt ist.

Die Linsen n und o sammeln nur das Licht und leiten es auf das Objekt.

Je kleiner die Brennweite der Linse m ist und je weiter die Wand absteht, desto größer wird das Bild.

Erfinder unbekannt. — Das Sonnenmikroskop beschrieben im Jahre 1687; von Fahrenheit gegen 1730 angefertigt und bekannter gemacht durch Lieberkühn 1738. Brauchbarer eingerichtet für undurchsichtige Gegenstände von Aepinus um 1763.

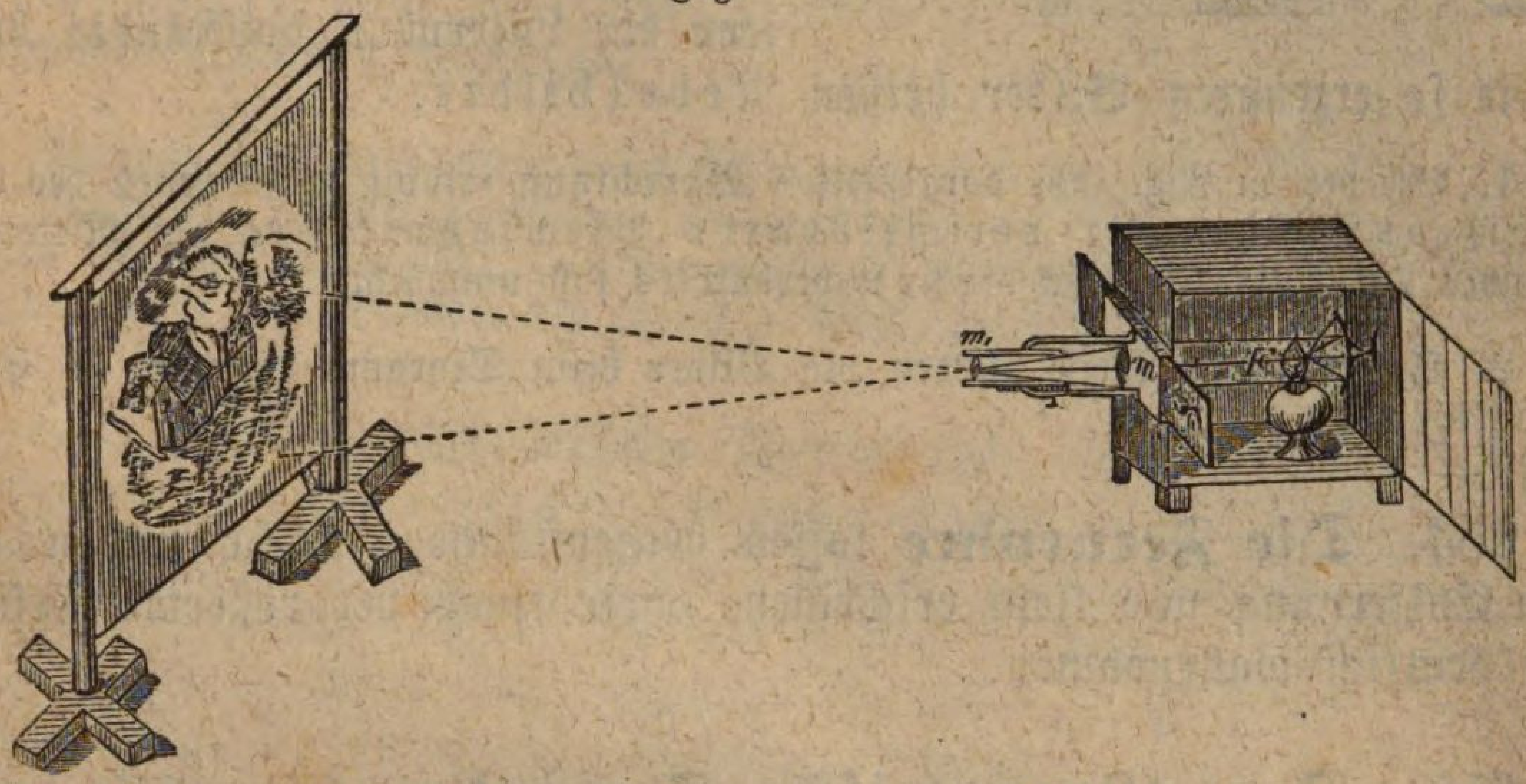
651. **Verschiedene Bildmikroskope.** Ist beim Bildmikroskop das Sonnenlicht durch elektrisches Licht (S. 181), durch Drummond'sches Licht (S. 19) oder durch die Flamme einer guten Oellampe vertreten, so hat man ein photo-elektrisches, ein Hydro-Oxygengas- oder ein Lampenmikroskop.

Erfinder des Lampenmikroskopes der ältere Adams 1771, des photo-elektrischen Mikroskopes Donné und Foucault 1845 und des Gasmikroskopes Galy-Cazalet.

652. **Die Zauberlaterne.** Eine Sammellinse mit größerer Brennweite erzeugt von Gegenständen, die vor ihrem Brennpunkte, aber

diesem nahe liegen, jenseits der Linse umgekehrte und vergrößerte Bilder, die man auf einer weißen Wand auffangen und Vielen zugleich zeigen kann. Hierauf beruhet die Zauberlaterne (Fig. 503). Die Linsenverbindung in dem vorne eingeschobenen Rohre wirkt wie die eben erwähnte Linse. Die Gegenstände sind auf Glas gemalt und werden verkehrt eingeschoben; warum?

Fig. 503.



Die Gegenstände werden mittels einer Oel- oder Gasflamme oder mit einer elektrischen Lampe erhellt. Das so erzielte Licht verstärkt man noch durch Beleuchtungslinsen und Beleuchtungsspiegel.

1. Apparat für die Vergrößerungs-Photographie. — Megaskop mit Spiegel oder schief gestellten Linsen, eine Art Laterna magica für undurchsichtige Gegenstände z. B. für Papier-Photographien, Muscheln &c. &c.; hieher gehört die Wunder-Camera von Krüß.

2. Aehnlichkeit und Unähnlichkeit zwischen dem Sonnen- und Gasmikroskope und der Zauberlaterne dem Principe und der Ausführung nach? Kann man auch eine Zauberlaterne im Großen mit Sonnenlicht beleuchten? Wie müßte eine solche eingerichtet sein? — Die Nürnberger Zauberlaternen als Kinderspielerei.

3. Als Erfinder der magischen Laterne gilt Kircher, 1646.

653. **Der Nebelbilder-Apparat.** Ist vor die Linse b der einen magischen Laterne (Fig. 504) eine undurchsichtige Platte geschoben, so erzeugt die zweite Laterne, deren Linse a frei ist, auf der Wand ein Bild. Verdeckt man jetzt nach und nach die Linse a und öffnet jene der Laterne b in demselben Maße; so verschwindet das zur Laterne a gehörige Bild allmälig, während das neue Bild der Laterne b langsam hervortritt. Beide lichtschwache Bilder fallen in einander und erzeugen ein gemischtes, nebelhaftes Bild. Je mehr fernerhin die an der Laterne a ange-

Fig. 504.

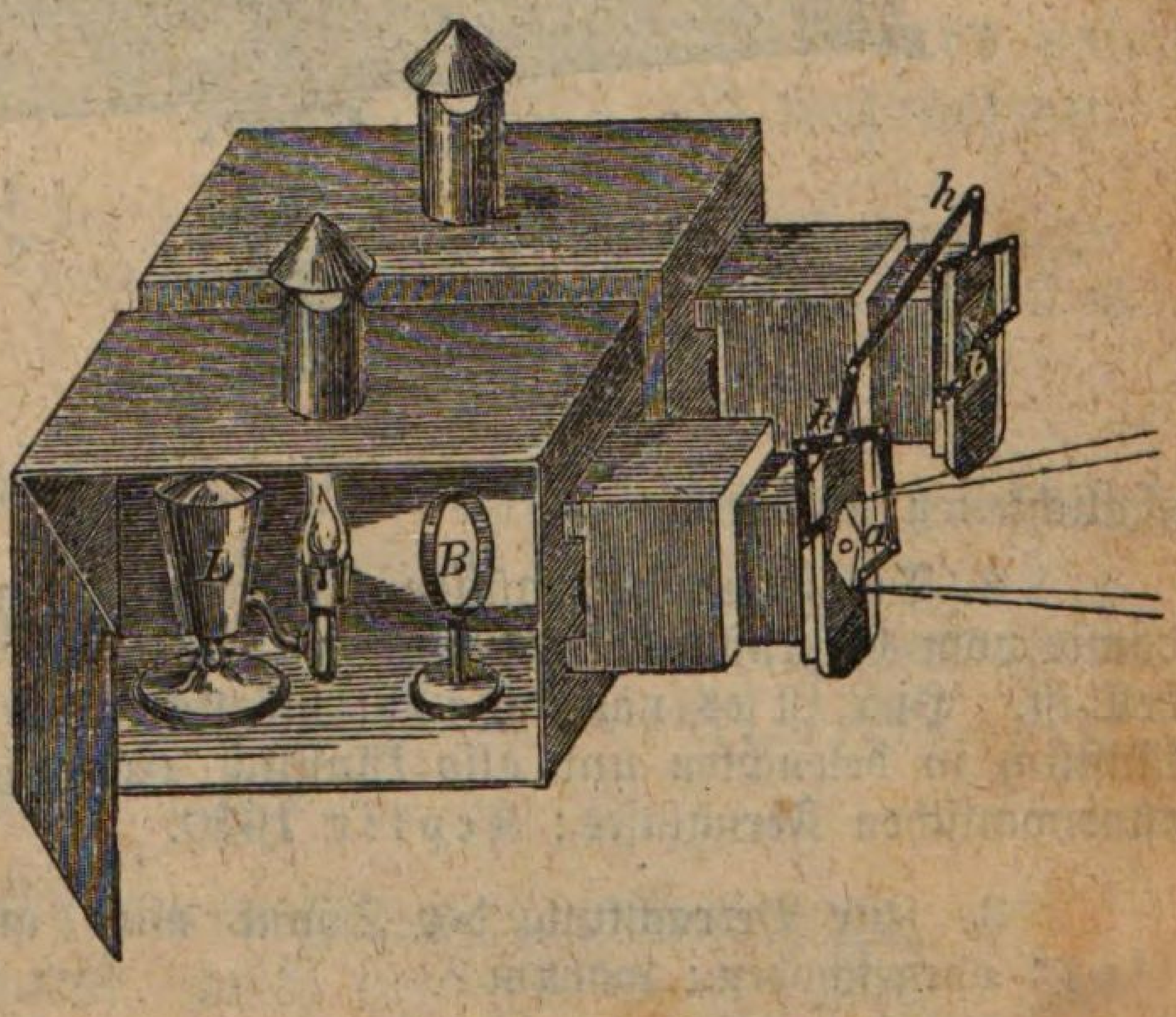
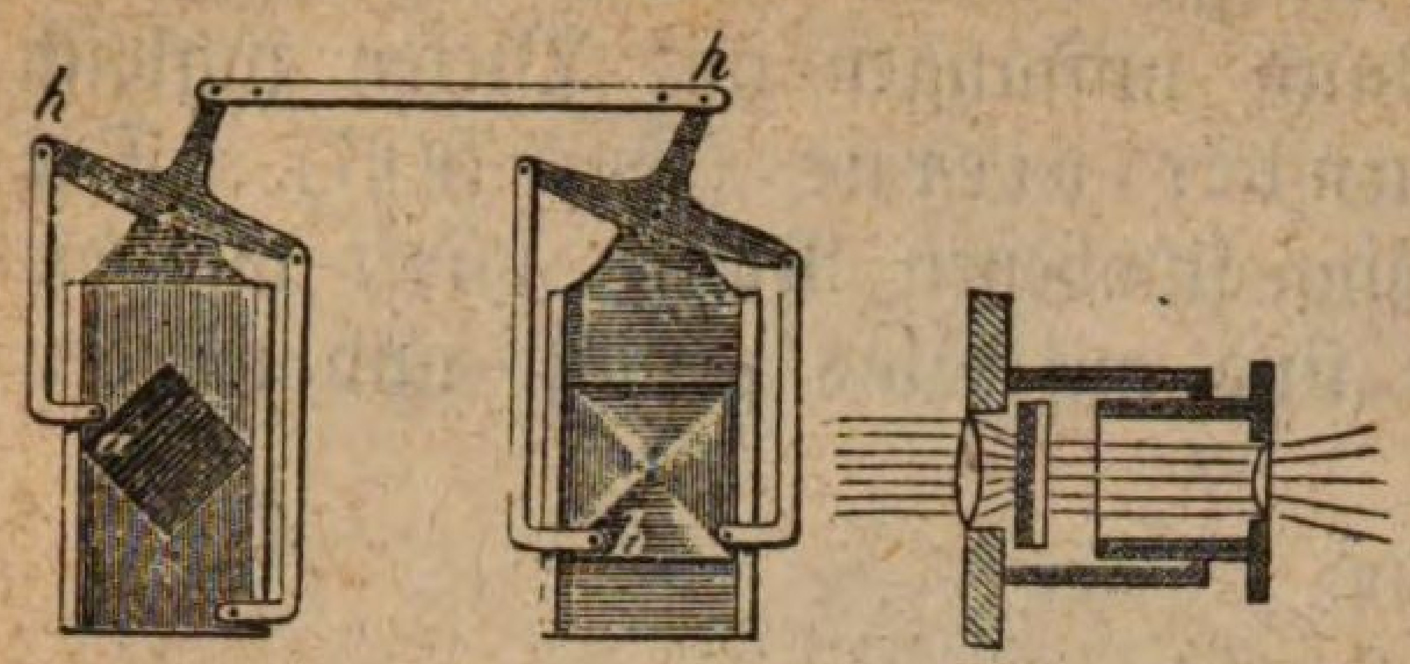


Fig. 505.



brachte Linse bedeckt und die in der Laterne b wirkende Linse frei gemacht wird, desto deutlicher tritt das Bild aus der Laterne b hervor und das andere zurück — bis endlich das erstere scharf gezeichnet daliegt, wenn die Linse der Laterne b gänzlich frei, jene der Laterne a vollständig bedeckt ist. Die so erzeugten Bilder heißen Nebelbilder.

1. Bei der in Fig. 505 dargestellten Einrichtung erfolgt das Oeffnen der Linsen vermittels aufeinander verschiebbarer Blechfahnen von der Mitte gegen die Ränder hin. Mit dem Schließen verhält es sich umgekehrt.

2. Auf ähnliche Weise werden die Bilder beim Diorama erzeugt. — Chromatrops.

654. **Die Fernrohre** lassen Gegenstände, welche wegen ihrer großen Entfernung nur klein erscheinen, unter einem vergrößerten Gesichtswinkel deutlich wahrnehmen.

655. **Das astronomische Fernrohr.** Eine Linse m von großer Brennweite und weiter Oeffnung (Fig. 506) erzeugt von einem entfernten, großen Gegenstande hinter der Linse ein kleines, umgekehrtes Bild b'a' (§. 606, b). Dieses erscheint dem Auge durch die Loupe n bei b"a" vergrößert und, in Beziehung auf den Gegenstand, umgekehrt.

Fig. 506.

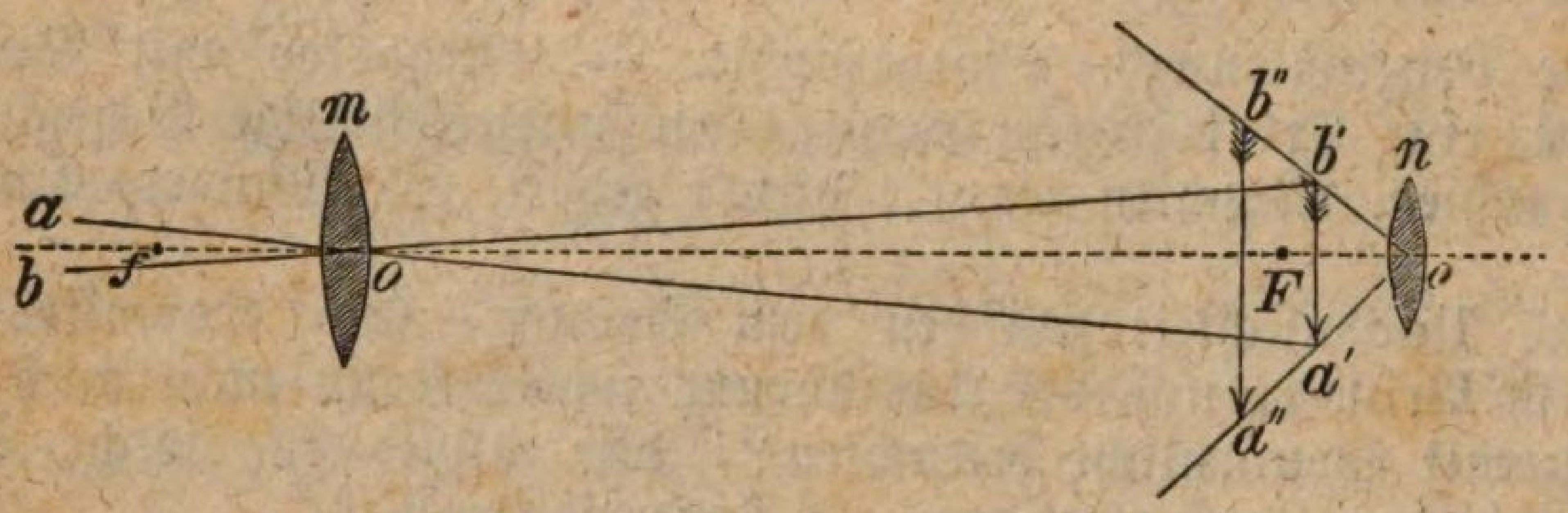
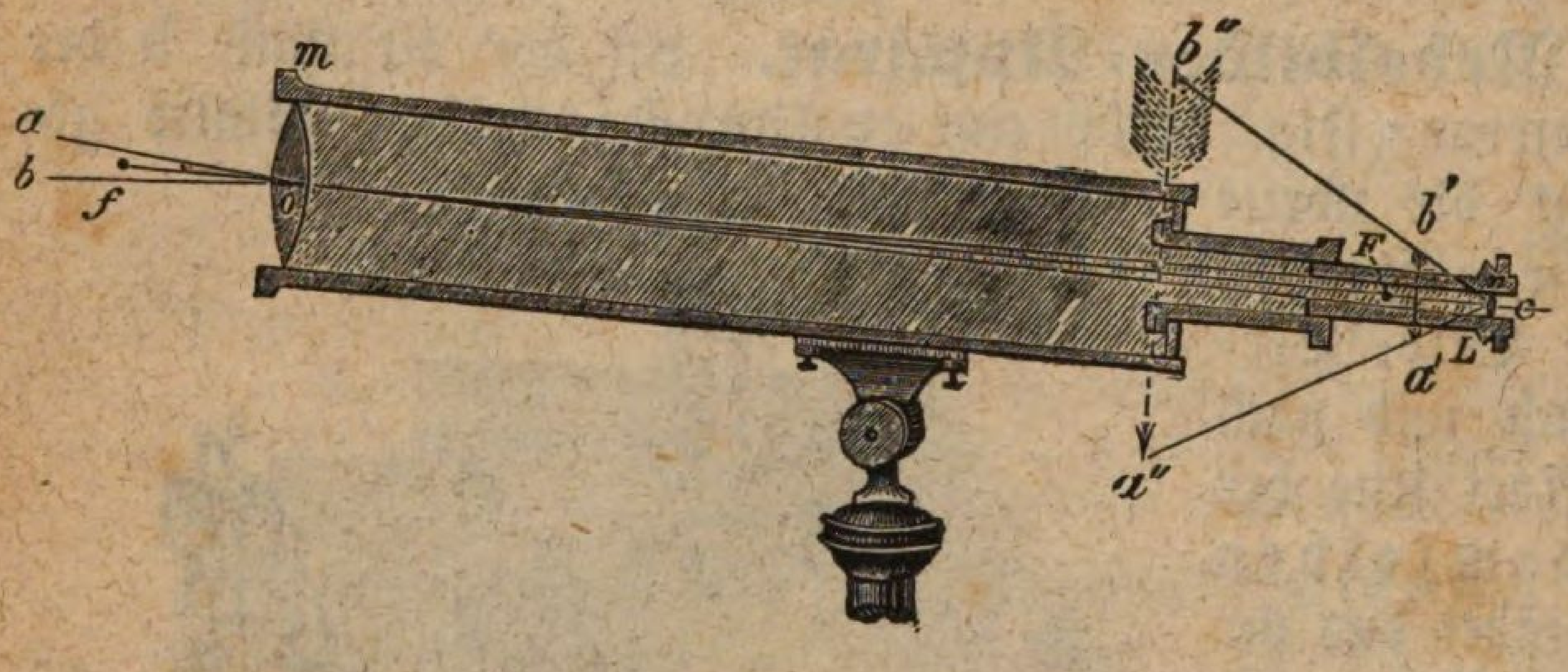


Fig. 507.



1. Dieses Fernrohr wirkt ähnlich dem zusammengesetzten Mikroskope; wie so? Die Unähnlichkeiten angeben.

2. Die Fernröhre müssen Objektive mit großen Oeffnungen (§. 609) haben, damit vom Gegenstande viel Licht in das Rohr komme, mithin das Bild genügend hell ist. Hier ist es nämlich nicht möglich, wie bei den Mikroskopen, den Gegenstand künstlich zu beleuchten und also künstlich ein helles Bild zu erzeugen. — Erfinder des astronomischen Fernglases: Kepler 1610.

3. Zur Betrachtung der Sonne wird am Ocular ein dunkles „Sonnenglas“ vorgeschoben; warum?

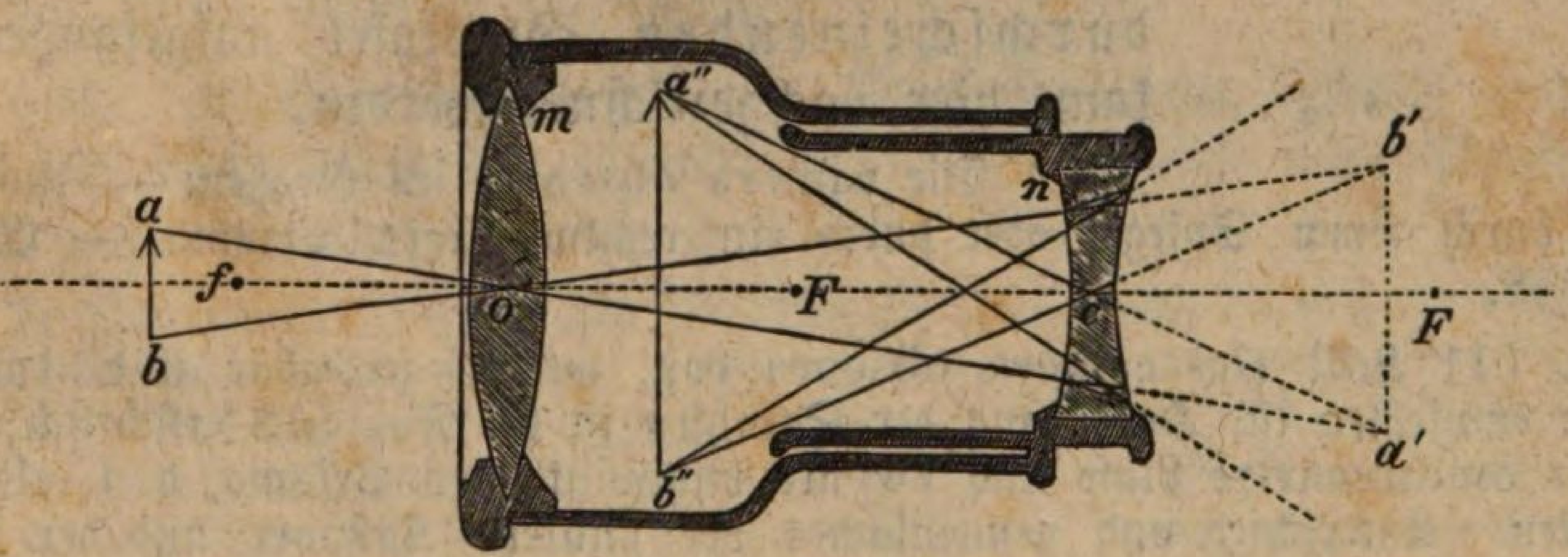
656. **Die Vergrößerung eines Fernrohres** steigert sich in demselben Verhältnisse, als die Brennweite des Objectivs m größer und jene des Oculars n kleiner ist.

657. **Das Erdfernrohr** entsteht aus dem vorigen Fernglas, wenn das von der Objectivlinse erzeugte, umgekehrte Bild durch eine zweite Linse eine aufrechte Lage bekommt; dieses Bild wird mittels des Oculars angesehen.

Warum verwendet man dieses Fernrohr nicht für die Beobachtung der Gestirne? Antwort: Die hinzugegebenen Linsen nehmen viel Licht weg; bei den Sternen stört das Umgekehrtsehen nicht. — Astronomischen Fernrohren werden „irdische Oculare" beigegeben, d. h.? — Erfinder des irdischen Fernglases: Rheita 1665.

658. **Das holländische Fernrohr.** Eine Linse von großer Brennweite und weiter Oeffnung erzeugt von einem entfernten, großen Gegenstande hinter der Linse ein kleines, umgekehrtes, wirkliches Bild b' a' (Fig. 509). Bringt man nun vor b' a' eine Hohllinse n, so werden die zu einem und demselben Punkte, z. B. zu b', gehörigen Strahlen auseinander gehend austreten. Gelangen dann diese Strahlen in ein durch die Hohllinse sehendes Auge, so wird letzteres das Bild des Punktes b bei b" erblicken. In ähnlicher Weise verhält es sich mit a, a'

Fig. 509.



und a". Das Auge wird daher ein geometrisches, vergrößertes und aufrechtes Bild a" b" des entfernten Gegenstandes a b wahrnehmen.

Dieses Fernrohr ist dasjenige, welches zuerst erfunden wurde; es stammt wahrscheinlich von dem Holländer Janson (unrichtig Jansen) 1590. Galilei soll es 1609 nachconstruirt haben.

659. **Die Dunkelkammer.** Eine Linse (Fig. 510) von großer Brennweite und weiter Oeffnung erzeugt von einem entfernten, großen Gegenstande hinter der Linse ein kleines, umgekehrtes, wirkliches Bild b' a'. Dieses Bild kann auf einer weißen, matten, durchscheinenden Glastafel aufgefangen und nachgezeichnet werden.

Hierauf beruht die dunkle Kammer (camera obscura Fig. 510), Die Linsenverbindung im Rohre, vorne, wirkt wie eine einzige Linse. Der

Fig. 510.

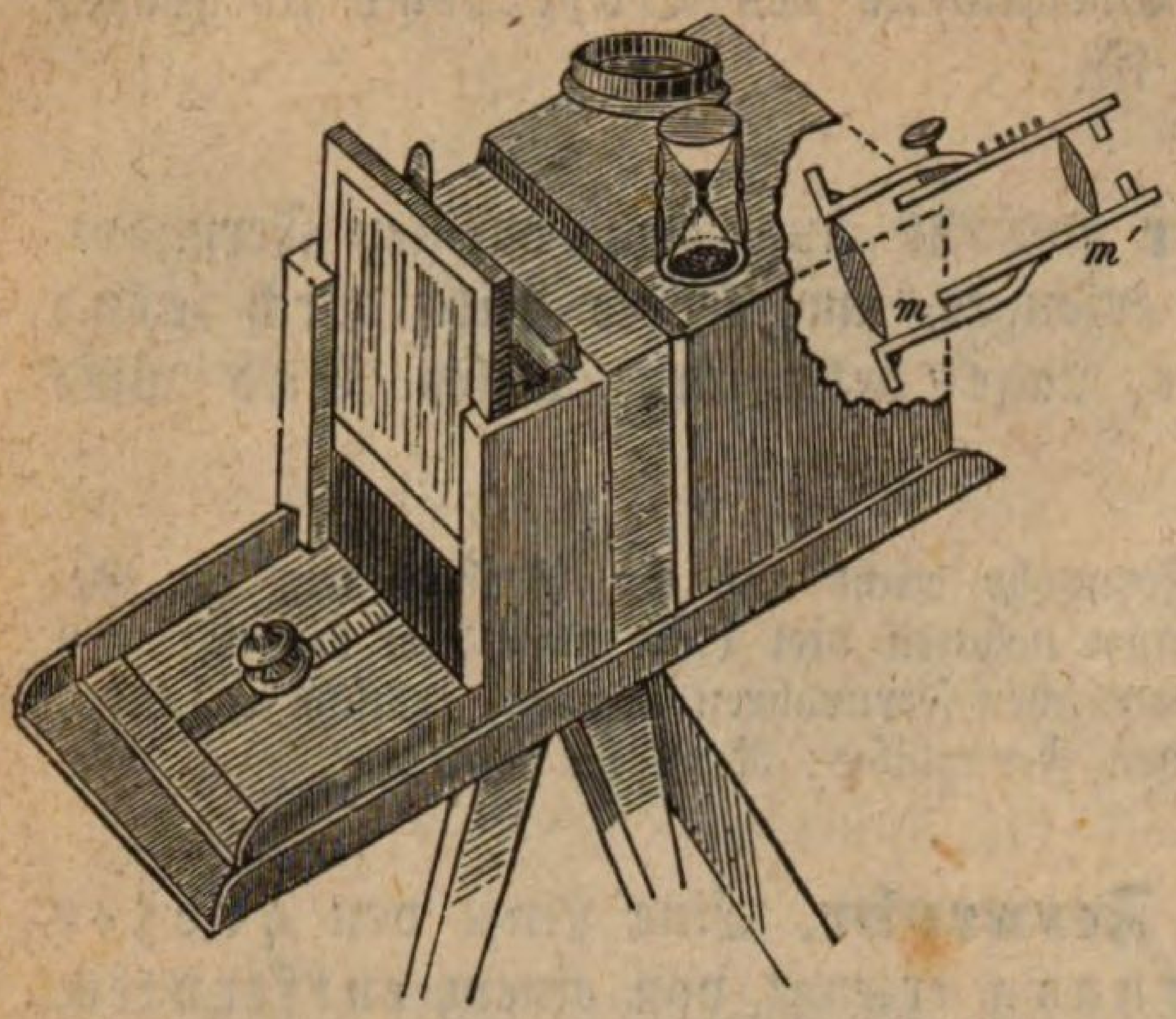


Fig. 511.

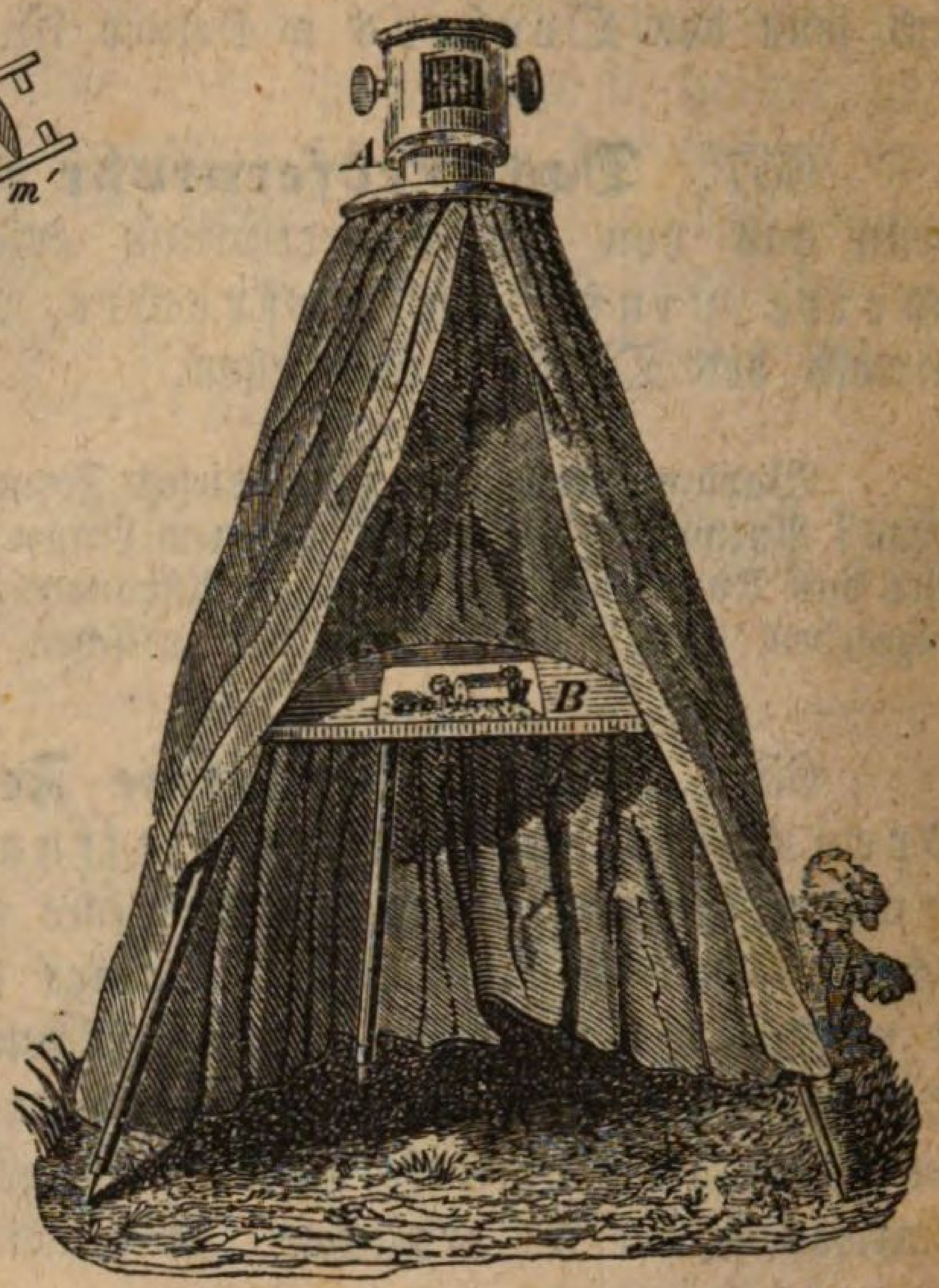
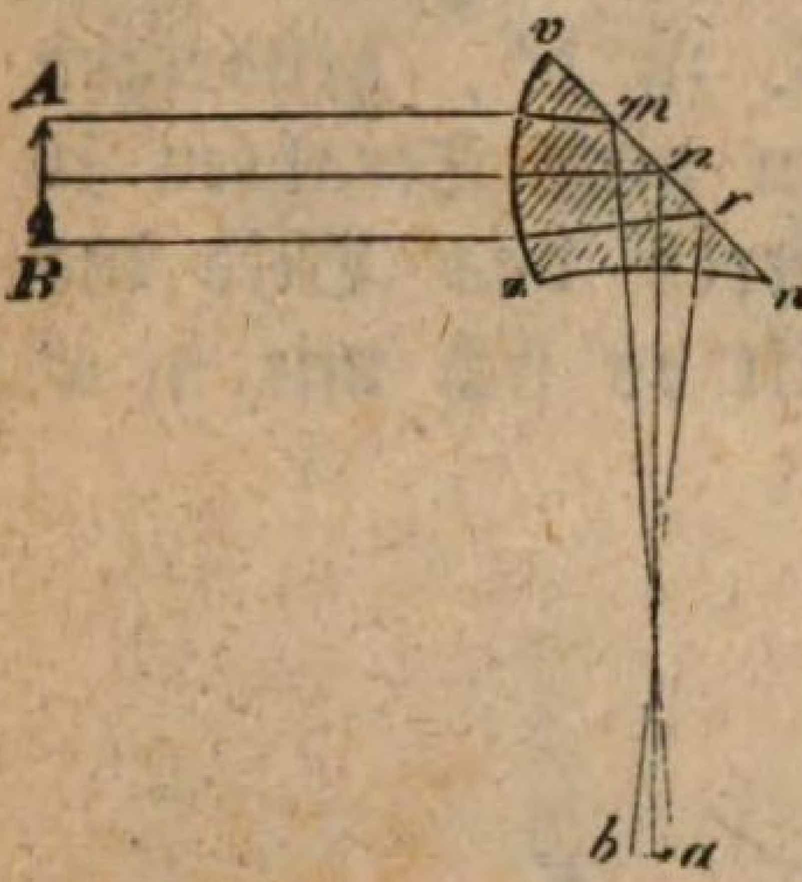


Fig. 512.



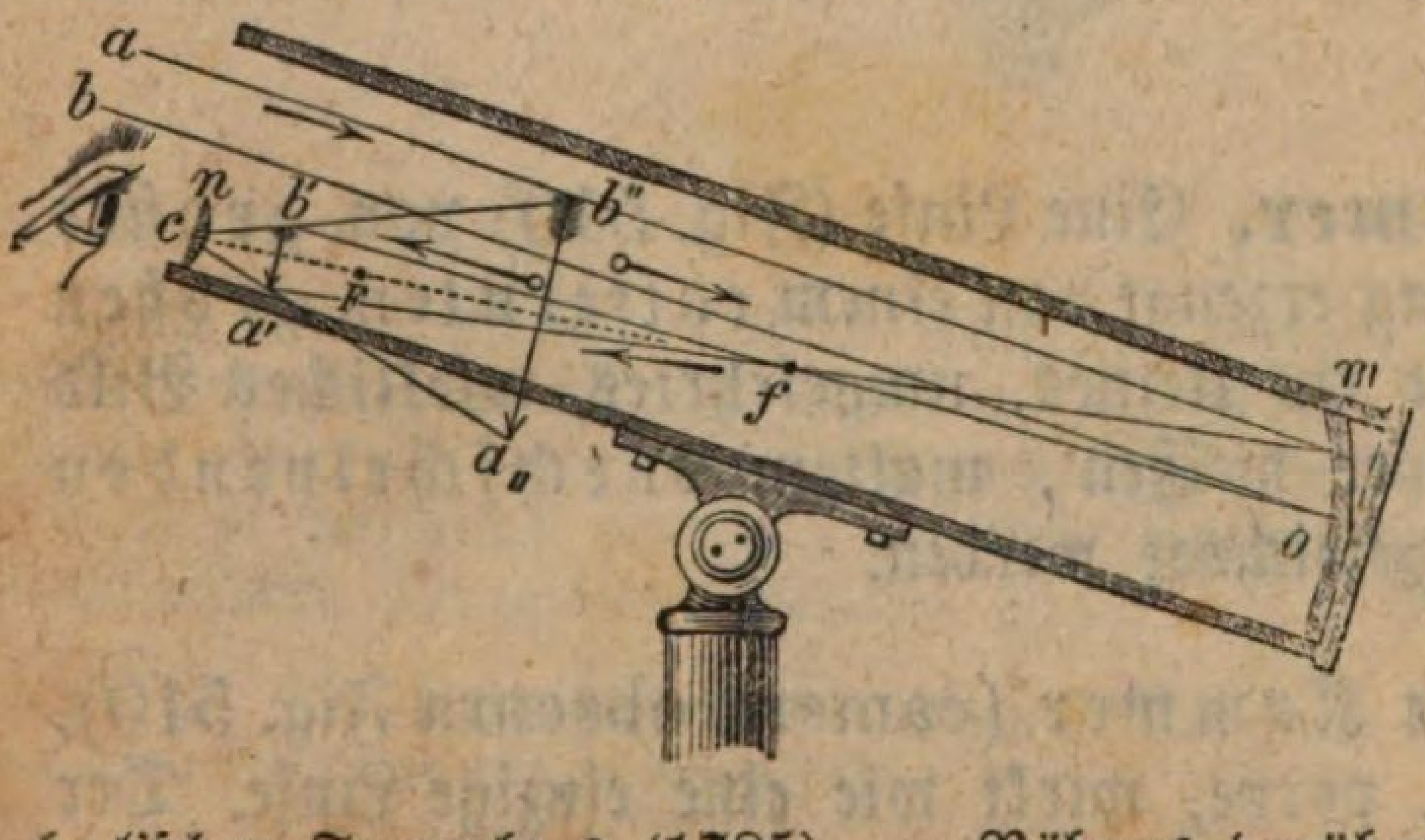
Kasten, in den sie eingesetzt wird, ist inwendig geschwärzt. Das Bild wird auf einer matten, durchscheinenden Glastafel aufgefangen und kann hier nachgezeichnet werden.

Die camera obscura im Großen. — Umkehrung der Bilder durch einen Spiegel oder durch ein rechtwinkliges Prisma. — Erfinder: Porta 1558.

Fig. 511 stellt eine camera obscura vor, welche zerlegbar und daher für Reisende zu empfehlen ist. Der Gang der Strahlen ist bei Fig. 512 ersichtlich, wo vz und zw als concavconvexe Linse und vw als rechtwinkeliges Prisma, d. i. als Planspiegel wirken. Unterschied und gemeinsames der dunkeln Kammer und der Zauber-Laternen. Näheres über die Einrichtung und den Gebrauch der camera obscura.

660. **Fernrohre mit Hohlspiegel-Objectiven (katoptrische Fernrohre).** Ein Hohlspiegel (Fig. 513) erzeugt von einem entfernten, großen Gegenstande vor dem Spiegel ein kleines, umgekehrtes wirkliches Bild b′ a′ (§. 594, b). Dieses erscheint dem durch die Loupe o sehenden Auge bei b″ a″ vergrößert und, im Vergleich mit der Lage des Gegenstandes, umgekehrt.

Fig. 513.



1. Ein solches Instrument heißt Spiegel- oder katoptrisches Fernrohr. — Es gibt viele Arten desselben. Das hier aufgenommene ist der Grundgedanke des Herschel'schen Fernrohres (1785). — Näheres darüber.

2. Die von Zucchi um 1630 erfundenen, durch Newton 1666 und Herschel 1785 verbesserten katoptrischen Fernrohre waren seit Erfindung der achromatischen Fernrohre fast ganz außer Gebrauch gekommen. Vor einiger Zeit (1856, Steinheil, Foucault) wurden jedoch Reflektoren mit sehr großen paraboloidischen Hohlspiegel-Objektiven aus versilbertem Glase wieder verfertigt.

3. Ein kleines Linsenfernrohr nennt man gewöhnlich Perspektiv, ein mittleres Tubus oder Teleskop, ein großes Fernrohr mit Linsen-Objektiven Refractor, ein großes Fernrohr mit Hohlspiegel-Objectiven aber Reflector.

G. Die chemischen Wirkungen des Lichtes (Photographie).

661. **Die chemisch wirksamen Lichtstrahlen.** Das Licht erregt chemische Verbindungen und Zersetzungen; es wirken jedoch nicht alle farbigen Strahlen mit gleicher Stärke. Im Spectrum des Sonnenlichtes hört vom Grün gegen das Roth hin jede kräftig chemische Wirkung auf. Die blauen und violetten Strahlen sind die chemisch wirksamsten.

Hieher gehören: 1. Das Abschießen oder Bleichwerden der Farben an Kleiderstoffen, welche lange dem Sonnenlichte ausgesetzt waren, das Bleichen der Leinwand, das Nachdunkeln der Farben u. dgl. m.

2. Bleiche Farbe der Kellerpflanzen, z. B. beim Auswachsen der Erdäpfel u. s. w.

3. Das Chlor und der Wasserstoff verbinden sich im directen Sonnenlichte, unter Explosion, zu Chlorwasserstoff oder Salzsäure. — Versuch.

4. Die Pflanzen scheiden im Sonnenlichte Sauerstoff aus. — Versuch.

5. Das Sonnenlicht, das helle Tageslicht, das elektrische Licht, das Magnesiumlicht und weiße Feuerwerklicht sind reich an violetten und blauen Strahlen und daher chemisch wirksam; Kerzen- und Lampenlicht hingegen wenig, weil bei denselben die gelben und rothen Strahlen vorwiegen.

662. **Lichtempfindliche Substanzen** heißen jene Stoffe, welche sich durch chemische Einwirkung des Sonnen- oder Tageslichtes schwärzen oder ihre Farbe ändern.

1. Die meisten Silber- und Quecksilberverbindungen schwärzen sich im Tageslichte, wobei sie zersetzt werden, z. B. das Chlor-, Jod- und Bromsilber und das salpetersaure Silberoxyd (Höllenstein). — Deren Lösungen in dunkeln Flaschen etc.

2. In einem Zimmer mit Fenstern aus gelbem Glase (Callicoglas) oder bei Kerzenlicht schwärzen sich lichtempfindliche Stoffe nur wenig; warum nicht?

663. **Lichtempfindlicher Ueberzug an Glasplatten.** Bedeckt man eine Glasplatte gleichmäßig mit einer sehr dünnen, folglich durchscheinenden (transparenten) Collodiumschichte, so kann man letztere durch chemische Mittel lichtempfindlich machen; sie wird dann im Tageslichte dunkel gefärbt.

Baumwolle, welche längere Zeit in einem Gemische von Kalisalpeter und Schwefelsäure gelegen ist, liefert eine Schießwolle, welche im Schwefeläther oder Holzgeist gelöst, das Collodium darstellt.

664. **Negatives Bild.** Bringt man eine Glasplatte, welche mit geschwärztem, lichtempfindlichem Collodium überzogen ist, in eine optische Dunkelkammer (Fig. 510) an jenen Ort, wo ein deutliches Bild eines aufzunehmenden Gegenstandes entsteht, und läßt sie hier kurze Zeit, so wirkt das Licht auf dieselbe derart ein, daß man mit Hilfe gewisser chemischer Mittel an ihrem lichtempfindlichen Ueberzuge ein dunkles Bild

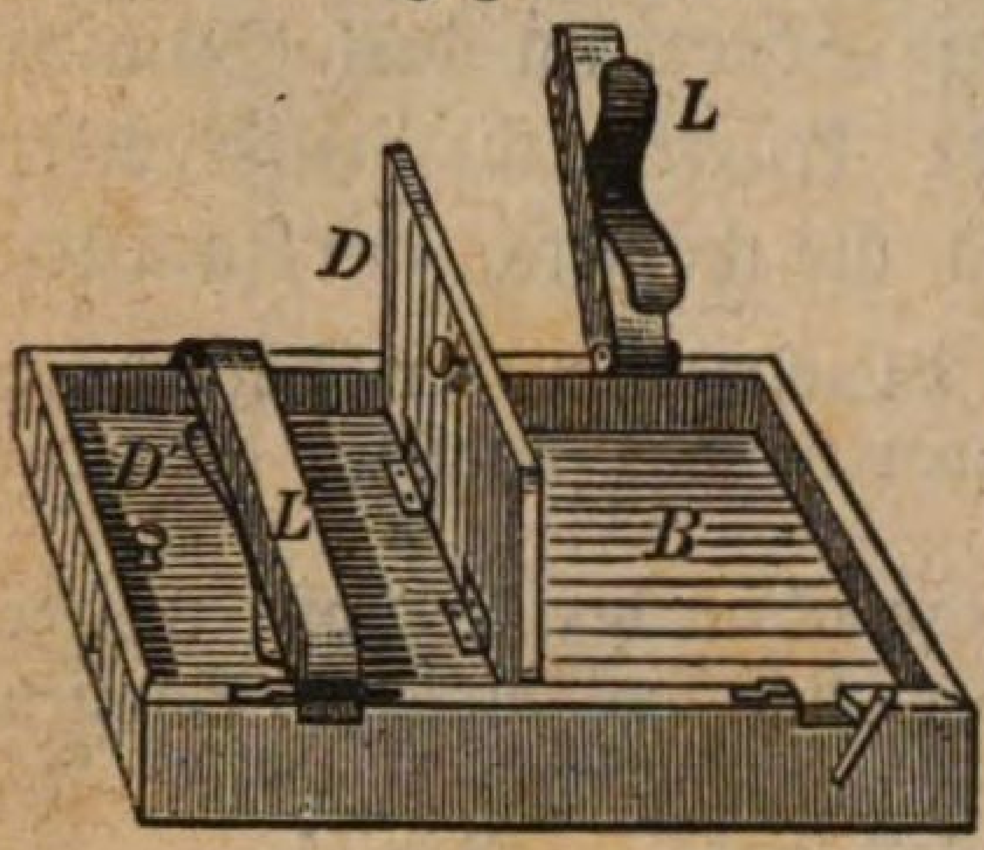
hervorrufen kann. Bei diesem Bilde erscheinen die hellen Stellen des Gegenstandes dunkel und die dunkeln Theile hell. Man nennt es daher ein negatives Bild oder ein „Negativ“.

Beim negativen Bild erscheinen das Gesicht, die Hände, das Hemd u. s. w. schwarz; die Haare und dunkeln Kleidungsstücke weiß; warum?

665. **Das Fixiren des Bildes.** Wenn man das chemisch-optisch hervorgerufene Bild durch Wegwaschen der noch unzersetzten, lichtempfindlichen Stoffe gegen die fernere Einwirkung des Tageslichtes unempfindlich macht, so ist es „fixirt“. — Fixirflüssigkeiten.

666. **Positive Bilder.** Legt man ein „Negativ“ auf lichtempfindliches Papier und setzt dann beide dem zerstreuten Tageslicht in einem Copirrahmen (Fig. 514) aus, so halten die dunklen Stellen des negativen Bildes das Licht von dem lichtempfindlichen Papiere, je nach ihrer Schwärze, mehr oder weniger ab. Dadurch entsteht auf dem lichtempfindlichen Papiere ein „Positiv“, d. h. ein Bild, bei welchem Licht und Schatten, wie beim abgebildeten Gegenstande, vertheilt sind. Dieses Bild wird fixirt.

Fig. 514.



Mittels eines einzigen Negativs (Matrize) kann man nach und nach viele positive Bilder abnehmen oder copiren.

Es lassen sich auch durch chemische Mittel sogleich positive Bilder erzeugen. Dieses Verfahren hat jedoch bisher keinen praktischen Werth.

667. **Photographie.** Jedes Verfahren, die von den Gegenständen in der dunkeln Kammer entstehenden Bilder mittels lichtempfindlicher Materien festzuhalten, heißt Photographie.

668. **Niepçotypie.** Es gibt viele Arten der Photographie. Das oben besprochene, am meisten angewendete Verfahren heißt Niepçotypie.

669. **Talbotypie.** Bei der Talbotypie wurde, vor Erfindung der Niepçotypie, zur Matrize lichtempfindliches Papier angewendet und sodann mit Wachs durchscheinend gemacht. Das positive Bild wurde wie bei der Niepçotypie hervorgerufen. — Talbot 1839.

1. Zum Porträtiren muß die Linse aplanatisch sein. — Petzval 1845.
2. Die ersten Photographien wurden von Daguerre (1838) auf silberplattirten und jodirten Platten, mittels condensirter Quecksilberdämpfe, erzeugt. Die Daguerreotypie ist, mehrerer Uebelstände halber, schon längere Zeit außer Gebrauch.
3. Niepçe der jüngere wendete 1847 Eiweiß auf dem Glase und das Eiweißpapier an; Archer führte 1851 das Collodium in die Photographie ein.
4. Die Silbersalze werden besonders stark von den Photographen verwendet; sie sind im Dunkeln zu bewahren; wie? warum?

XI.

Die strahlende Wärme.

670. **Die strahlende Wärme** pflanzt sich, wie das Licht, in geraden Linien rasch von einem Körper zum anderen, ohne Erwärmung der dazwischen liegenden Lufttheilchen, fort.

1. Nähert man einen erhitzten Körper einem empfindlichen Thermometer, so steigt letzteres. Bringt man zwischen beide eine Metallscheibe, so sinkt das Thermometer sogleich. Der metallene Schirm hält nämlich die strahlende Wärme zurück.

Hätte sich das Thermometer von der Luft durch Mittheilung erwärmt, so wäre es, nach dem Vorschieben des Schirmes, langsamer gesunken.

Schon Mariotte erkannte 1682 die strahlende Wärme.

2. Differential-Luftthermometer und, noch besser, Thermosäule nebst Multiplicator zum Studium der strahlenden Wärme. Die Magnetnadel des Multiplicators kann ein Läutewerk auslösen und so zum Warnen vor einem drohenden Schadenfeuer werden; wie so?

3. Durch Ofenschirme wird die strahlende Wärme von der Zimmereinrichtung abgehalten.

Fragen. 1. Das Eis an den Fensterscheiben thaut bereits, wenn noch die Zimmerluft kalt ist; wie kommt das?

2. Die strahlende Wärme wird empfunden, wenn man das Gesicht einem erhitzten Ofen nahe hält; Beweis für die Strahlung?

671. **Das Ausstrahlungsvermögen.** Je mehr Wärme die Körper auszustrahlen im Stande sind, desto höher ist ihr Wärme-Ausstrahlungsvermögen. Dieses hängt ab von ihrer materiellen Beschaffenheit und ihrer Oberfläche.

Das Ausstrahlungsvermögen eines Körpers ist desto größer, je weniger dicht er selbst oder seine Oberfläche und je heißer er ist.

1. Kienruß und Bleiweiß zeigen ein sehr großes und gleiches Ausstrahlungsvermögen, ihnen zunächst Wasser; dann kommen Glas und Papier.

2. Je heißer eine Metallplatte ist, desto stärker strahlt die sie Wärme aus.

Fragen. 1. Rauhe Flächen strahlen mehr Wärme aus als polirte; soll man den Oefen, Speiseschüsseln ꝛc. rauhe oder glatte, weiße oder dunkle Flächen geben?

2. Ein erdiger, mit Pflanzen bedeckter Boden strahlt mehr Wärme aus als ein steiniger; warum?

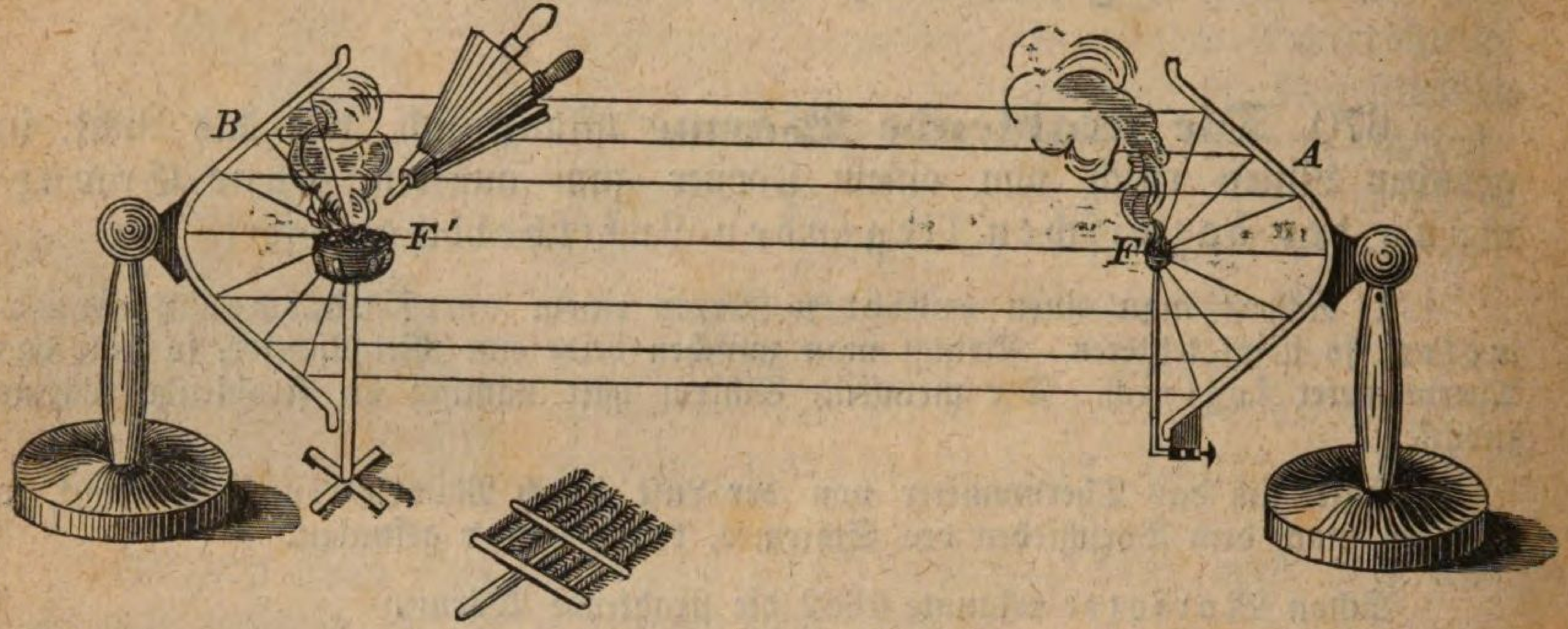
672. **Absorbtionsvermögen.** Ein Körper, welcher im heißen Zustande 2=, 3=, 4=,....nmal mehr Wärme auszustrahlen vermag, kann im kalten Zustande von einem heißen Körper 2=, 3=, 4=,....nmal mehr Wärmestrahlen aufnehmen oder absorbiren.

1. In einem Topfe mit berußter Außenfläche geräth das Wasser früher in's Sieden, als in einem mit blanker Außenseite.

2. Um die Thermometer für die strahlende Wärme empfindlicher zu machen, überzieht man ihre Kugel mit Kienruß oder Bleiweiß.

673. **Wärme=Spiegel.** Man stelle (Fig. 515) zwei metallene Hohlspiegel einander so gegenüber, daß ihre Axen zusammenfallen. Bringt

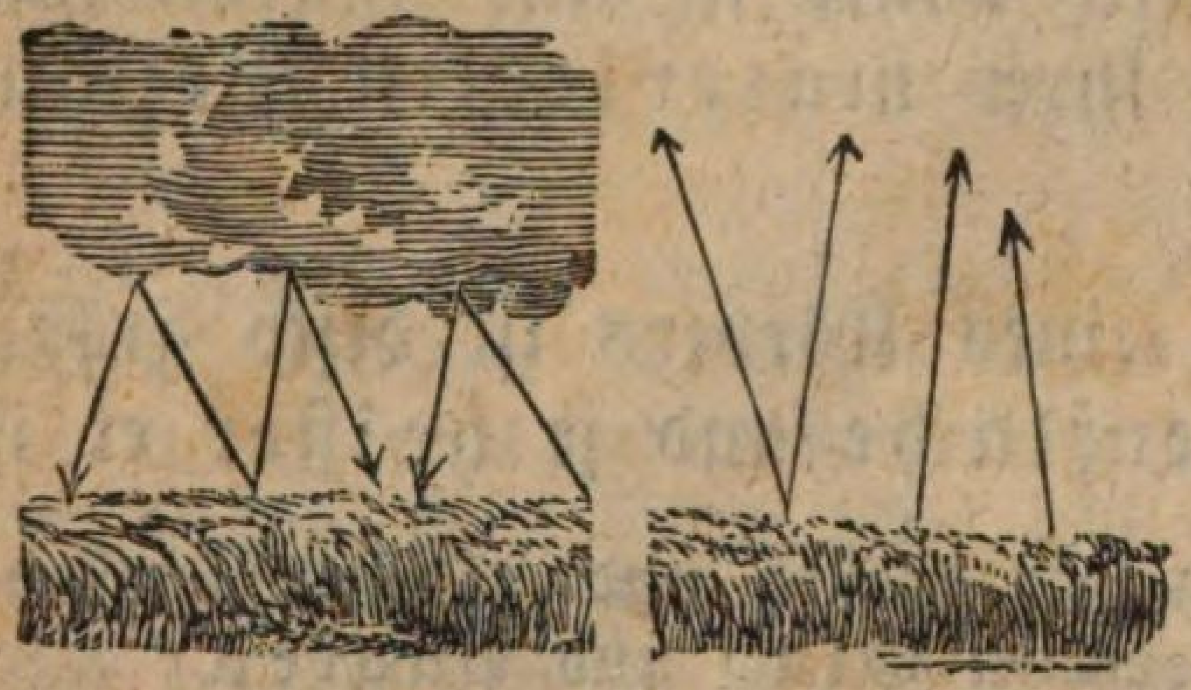
Fig. 515.



man in den Brennpunkt F′ des einen Spiegels glühende Kohlen, die man anfacht, so wird in dem Brennpunkte F des andern Spiegels der Zunder erglühen. Dies ist aber nicht mehr der Fall, wenn man den Zunder der Kohle näher rückt. Hieraus folgt: Die Wärmestrahlen befolgen (Fig. 515) bei ihrer regelmäßigen Zurückwerfung dieselben Gesetze wie das Licht und der Schall.

674. **Thau und Reif.** Wenn nach Sonnenuntergang der Himmel heiter oder nur wenig umwölkt erscheint, so strahlen (Fig. 516, rechts) die auf und über dem Erdboden befindlichen Körper gegen den Himmelsraum Wärme aus. Dadurch können sie dermaßen erkalten, daß auf dieselben der Wasserdunst, aus der mit ihnen in Berührung stehenden Luft, als Wassertröpfchen oder Thau niedergeschlagen wird. Ist der Himmel mit Wolken umzogen, (Fig. 516 links) so werfen letztere die Wärmestrahlen größtentheils zurück, und es kann keine genügende Abkühlung der Gegenstände, also auch keine Thaubildung erfolgen.

Fig. 516.



Wells 1814.

Erkalten die Gegenstände unter dem Eispunkt, so gefriert der Niederschlag an denselben und bildet den Reif.

In Bengalen stellt man bei sehr heiterer Nacht flache, nur wenig Wasser enthaltende Gefäße reihenweise auf eine hohe Schicht schlechter Wärmeleiter, z. B. auf Mais- und Zuckerrohrstengeln. Durch die starke Wärmeausstrahlung, nebenbei auch vermöge der Verdunstung, überzieht sich das Wasser mit einer Eisdecke.

675. **Diathermane und athermane Körper.** a) Körper, welche die Wärmestrahlen durchlassen, heißen durchwärmige oder diathermane Körper.

Körper, welche für die Wärme undurchdringlich sind, nennt man undurchwärmige oder athermane.

Die Fähigkeit der Körper, Wärmestrahlen durchzulassen, ist unabhängig von ihrer Durchsichtigkeit und Farbe.

Beispiele. 1. Die Krystalle von Steinsalz, Kalkspath, Gyps und Alaun sind fast in gleichem Grade durchsichtig, aber in sehr ungleichem Maße diatherman.

2. Der diathermanste Körper ist das Steinsalz. Alaun läßt nur sehr wenig Wärmestrahlen durch.

3. Ein dickes, schwarzes Glas, schwarzer Glimmer sind undurchsichtig, aber diatherman.

4. Wasser ist sehr durchsichtig und wenig diatherman; die Luft hingegen ist sehr diatherman.

5. Der Schwefelkohlenstoff läßt die meisten dunkeln Wärmestrahlen des Sonnenlichtes durch. Eine gesättigte Auflösung des Jod in Schwefelkohlenstoff ist noch mehr, nahezu für alle dunkeln Wärmestrahlen des Sonnenlichtes durchdringlich, nicht aber für die Lichtstrahlen.

6. Man hat also in der Schwefelkohlenstoff-Jodlösung ein Mittel, die leuchtenden Wärmestrahlen auszuschalten.

b) Die Wärmestrahlen werden ähnlich den Lichtstrahlen, gebrochen, wie man mittels der Brenngläser und besonders mittels Steinsalzprismen und Steinsalzlinsen nachweisen kann.

676. **Die Sonne als Wärmequelle.** Die vorzüglichste Wärmequelle für die Erde ist die Sonne. Ihre Strahlen erwärmen einen Körper desto stärker:

1. in je größerer Menge, d. h. je dichter,
2. je weniger schräg,
3. durch je längere Zeit sie ihn treffen, und endlich
4. je mehr der Körper Wärmestrahlen absorbiren kann.

Beispiele. 1. Im Brennpunkte eines Hohlspiegels oder einer Sammellinse wird durch Ansammlung der Wärmestrahlen Hitze erzeugt.

2. Die schieferen Morgen- und Abendstrahlen der Sonne erwärmen den wagrechten Erdboden schwächer als die lothrecht treffenden Mittagsstrahlen.

Im Sommer fallen die Strahlen der Sonne weniger schief auf die Erde, daher sie eine bedeutend höhere Temperatur als im Winter hervorbringen. Dazu kommt noch im Sommer die größere Dauer ihrer Wirkung während der längeren Tage.

3. Berußt man die Kugel eines Thermometers, und setzt es neben einem übereinstimmenden Thermometer mit ungeschwärzter Kugel den Sonnenstrahlen aus, so steigt das Quecksilber in dem ersteren viel höher als im letzteren.

4. Schnee schmilzt unter schwarzen oder dunkelfarbigen Lappen viel früher als unter weißen und hellgefärbten.

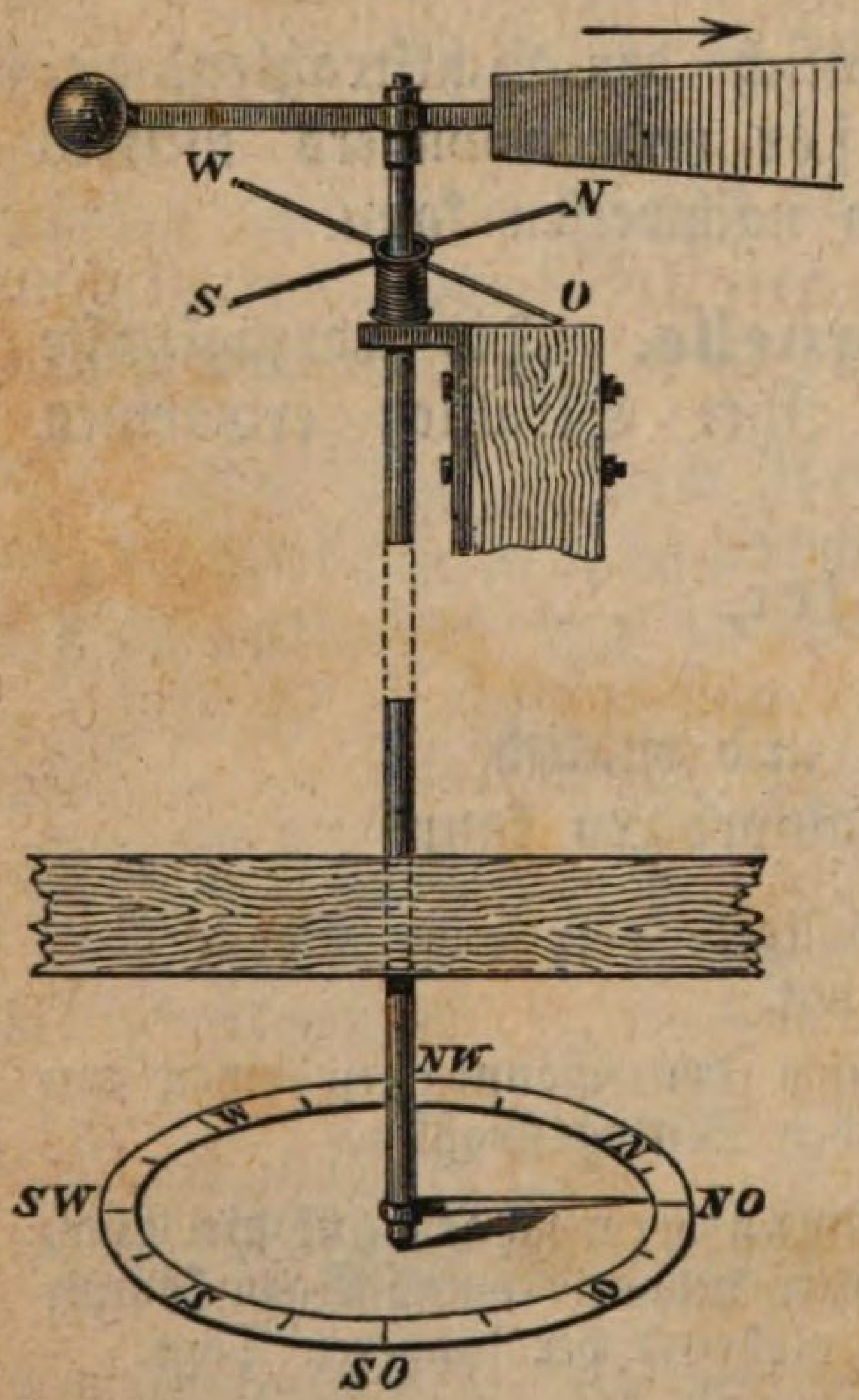
Fragen. 1. Warum wählt man im Sommer hellgefärbte Kleiderstoffe? Muß man im Winter dunkle nehmen?

2. Hinter Pfirsichbäumen bringen die Gärtner schwarz angestrichene Bretter, Leisten; warum?

677. **Regelmäßige Winde.** Die Sonne bewirkt große Unterschiede in der Erwärmung verschiedener Stellen an der Oberfläche der Erde. Grenzen zwei in ungleichem Grade erwärmte Luftmassen an einander, so fließt unten die kältere nach der wärmern hin. Oben verhält es sich umgekehrt (§. 103, Note 3). Daraus erklärt man den regelmäßigen, gegen das Land wehenden Seewind zur warmen Tageszeit und den in entgegengesetzter Richtung d. i. nach dem Wasser als Wärme-Vorrathskammer (§. 106) zur Nachtzeit blasenden Landwind. Beide erscheinen in den untersten Luftschichten. Hieher gehören auch die beständigen Passatwinde der heißen Zone, welche in den unteren Luftschichten, von den kälteren Polen kommend, als Polarwinde, in den oberen Luftregionen in entgegengesetzter Richtung als Aequatorialwinde auftreten. Die regelmäßigen Winde können, durch örtliche Einflüße, bis zur Unkenntlichkeit verdeckt werden.

678. **Windmesser (Anemometer).** Zum Nachweise der stärkeren Luftströmungen oder Winde dienen, bezüglich der Richtung des Windes, die Windfahnen und, hinsichtlich ihrer Geschwindigkeit und Stärke, die Windmesser oder Anemometer.

Fig. 517.



a) Die auf den höchsten Punkten der Gebäude aufgestellten Windfahnen (Fig. 517) werden von dem Winde stets so gedreht, daß die Ebene der Fahne zuletzt in die Richtung des Windes fällt, so daß die Fahne nach jener Weltgegend zeigt, nach welcher der Wind bläst. Eine Windrose dient zur genaueren Bestimmung dieser Richtung.

Die Richtung der Winde in den höheren Luftschichten verräth der Wolkenzug, den man geradezu oder mittels wagrechter Spiegel beobachten kann.

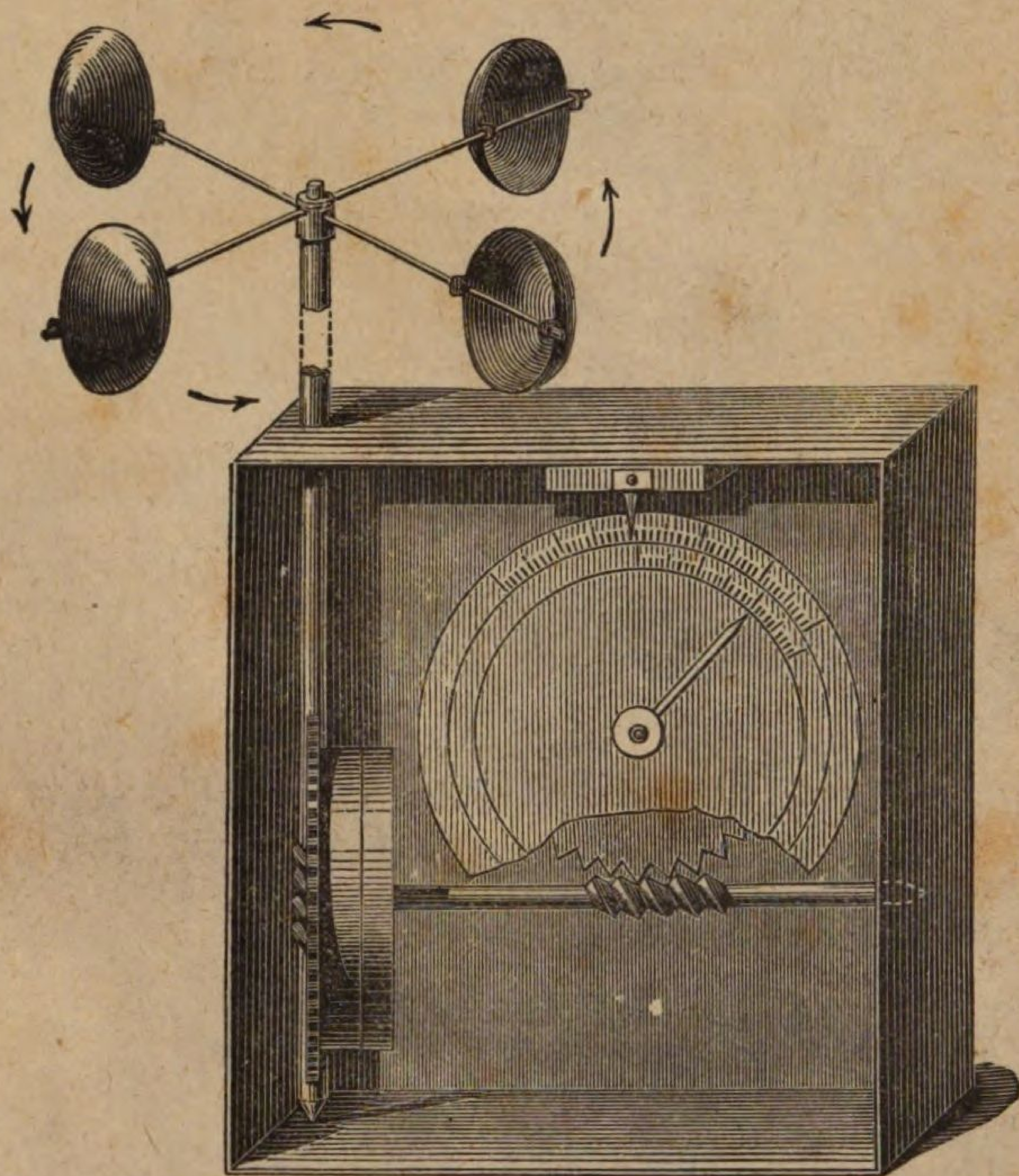
1. Läßt sich nicht auch aus dem Zug des Rauches auf die Windesrichtung schließen? Und aus der Bewegung der Baumblätter? u. s. w.

2 In früheren Zeiten hatte die blecherne Fahne die Form eines Hahnes. Beschreibet die von Euch gesehenen Wetterhähne; erkläret, was man für Schlüsse aus ihrem Stande zieht! Was bedeuten die Buchstaben N, S, O und W bei den Windfahnen; drehen sie sich mit?

b) Am verbreitetsten ist in neuester Zeit das Anemometer (Fig. 518) von Robinson. Jedes Ende eines rechtwinkligen, eisernen Kreuzes trägt eine hohle, blecherne Halbkugel derart, daß je eine der andern die concave

Seite zukehrt. Der Wind dreht die Halbkugel stets so, daß die convexe Seite vorausläuft. Die Drehaxe des Systems ist mit einer Schraube

Fig. 518.



ohne Ende versehen, welche ein Zählwerk in Bewegung setzt. Aus den Angaben des letzteren lassen sich die Geschwindigkeit und Stärke des Windes berechnen.

Im gewöhnlichen Leben schließt man aus der Größe der Bewegung in Blättern, Zweigen etc. auf die Stärke des Windes; ferner aus seinem Brausen; wie ist letzteres und wie sein Pfeifen durch Fensterritzen 2c. zu erklären?

9



4

4 Z

Z

$\frac{g}{2} \cdot t^2 =$

